

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ
(інститут)
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ
(факультет)
Кафедра СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента (ПІБ)

академічної групи ЕЕ-15-2
(шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ 6.05070108 Енергетичний менеджмент

за освітньо-професійною програмою

(офіційна назва)

на тему
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Олішевський Г. С.			
розділів:				
Технологічний	Олішевський Г. С.			
Економічний	Дементьєва Н. В.			
Охорона праці	Лутс І. О.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Олішевський Г. С.			

Дніпро
2019

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
систем електропостачання

(повна назва)
Данильченку Оресту Костянтиновичу _____ Випанасенко С.І.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20 ____ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню _____
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Данильченку Оресту Костянтиновичу **академічної групи** _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ 6.05070108 Енергетичний менеджмент _____

за освітньо-професійною програмою _____

(офіційна назва)

на тему Розробка цехової системи електропостачання промислового
підприємства _____,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступна частина	Характеристика цеху	15.05.19
Основна частина	Розрахунок електропостачання механічного цеху і подальший вибір електрообладнання	31.05.19
Економічний	Економічна оцінка проекту	05.06.19
Охорона праці	Розрахунок штучного освітлення виробничих приміщень	10.06.19

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Олішевський Г. С.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 26.04.2019

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Данильченко О.К.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 72 стор., 8 рис., 25 табл., 1 додаток., 7 джерел.

Об'єкт дипломного проекту: промислове підприємство з вироблення розподільних пристроїв.

Мета дипломного проекту: розробка системи електропостачання цеху з виробництва розподільних пристроїв.

У вступній частині приведено опис структури підприємства.

В основній частині виконані розрахунки електропостачання.

Економічне обґрунтування проекту виконано шляхом розрахунків капітальних і експлуатаційних витрат на реалізацію проекту, а також визначені фонд заробітної плати персоналу і термін окупності проектного рішення.

Щодо охорони праці, обґрунтовані протипожежні заходи безпеки при експлуатації об'єкту і розраховано освітлювання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦЕХ, ПРОМИСЛОВЕ ПІДПРИЄМСТВО, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ, ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ВСТУПНА ЧАСТИНА	7
1.1 Загальний опис цехової структури сучасних підприємств	8
1.2 Опис актуальності роботи	9
1.3 Мета роботи	9
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	10
2.1 Розрахунок навантажень трифазних споживачів	12
2.2 Розрахунок навантажень однофазних споживачів	15
2.3 Розрахунок пікових навантажень	16
2.4 Вибір цехових трансформаторних підстанцій і компенсувальних пристроїв	16
2.5 Картограма навантажень	17
2.6 Вибір потужності джерел компенсації реактивних навантажень	20
2.7 Вибір напруги, структури і конструктивного виконання цехової мережі	23
2.8 Розрахунок і захист цехової мережі	24
2.9 Вибір перерізу провідників і автоматів для цехової КТП	31
2.10 Вибір захисних апаратів і провідників для живлення електроприймачів	35
2.11 Розрахунок тролейних ліній	37
2.12 Розрахунок струмів КЗ	38
2.13 Карта селективності	46
2.14 Техніко-економічний аналіз підприємства	48
2.14.1 Розрахунок капітальних інвестицій	48
2.14.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	50
2.14.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань	52

2.14.5 Єдиний соціальний внесок	55
2.14.6 Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж	56 62
2.14.7 Розрахунок вартості втрат електроенергії	
2.14.8 Визначення інших витрат	63
2.14.9 Розрахунок розмірів і площ будівлі цеху і його приміщень	64
2.15 Охорона праці на об'єкті	65
ВИСНОВКИ	73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	74
ДОДАТОК А Відомість матеріалів дипломного проекту	75

ВСТУП

Цех за своєю будовою являє собою відокремлений підрозділ підприємства. Цех виконує певні структурні обмежені виробничі функції, зумовлені загальною структурою всього підприємства загалом. У більшості сучасних підприємств саме цех є основною одиницею виробництва продукції. Менші підприємства можуть бути побудовані за без-цеховою структурою. Підприємство поділяється безпосередньо на виробничі ділянки. Деякі найбільші підприємства в організаційно-адміністративному відношенні будуються за корпусною системою на основі об'єднання під єдиним керівництвом багатьох цехів і господарств.

1 ВСТУПНА ЧАСТИНА

1.1 Загальний опис цехової структури сучасних підприємств

Необхідними умовами нормального перебігу виробничого процесу на підприємстві є:

1. підтримання у робочому стані машин та устаткування;
2. своєчасне забезпечення робочих місць сировиною, матеріалами, інструментами;
3. живлення агрегатів енергією, виконання транспортних операцій.

На підприємстві для позначення всіх цих процесів у сукупності використовується поняття — система технічного обслуговування виробництва. В рамках системи технічного обслуговування виробництва виконуються такі функції:

- ремонт технологічного, енергетичного, транспортного та іншого устаткування, догляд за ним та налагоджування;
- забезпечення робочих місць [інструментом](#) та пристосуванням як власного виробництва, так і придбання на стороні;
- переміщення [вантажів](#) та виконання [вантажно-розвантажувальних робіт](#);
- забезпечення підрозділів підприємства [електричною](#) і [тепловою енергією](#), [парою](#), [газом](#), стиснутим повітрям тощо;
- забезпечення [цехів сировиною](#), основними та допоміжними матеріалами, [паливом](#), зберігання [напівфабрикатів](#) власного виготовлення та готової продукції.

1.2 Опис актуальності роботи

Електропостачання — це комплекс технічних засобів і організаційних заходів для забезпечення споживача електроенергією.

Низьковольтні цехові мережі систем електропостачання (СЕП) обслуговують більшість технологічних процесів, де задіяна значна кількість

електродвигунів, електрозварювальних установок та інших електроприймачів, що споживають близько 80% усієї електроенергії в промисловості.

При проектуванні СЕП промислових підприємств необхідно вірно визначати навантаження в техніко-економічному аспекті, зробити вибір напруги, вибрати кількість і потужність трансформаторних підстанцій, системи компенсації реактивної потужності і способи регулювання напруги. Схеми цехових мереж будують згідно необхідних конструктивним вимогам підприємства (технологічний процес, конструктивне виконання мережі, універсальність мережі і достатня гнучкість їх при перебудові або заміні обладнання в разі переходу на інший технологічний процес).

1.3 Мета роботи

Завданням дипломної роботи є розробка системи електропостачання цеху з виробництва розподільних пристроїв. В цеху розміщені низьковольтні електроспоживачі трифазного і однофазного змінного струму частотою 50 Гц, напругою 380 В. До складу споживачів електричної енергії входять: зварювальні трансформатори, мостові та підвісні крани, металорізальні верстати з легким, важким та особливо важким режимами роботи, вентилятори, повітродувки, відцентрові насоси, компресори, електротермічне устаткування, освітлювальні прилади. Споживачі ВН представлені асинхронними і синхронними двигунами на напругу 6 кВ. За надійністю електропостачання споживачі відносяться до I (50 %), II (40 %), III (10 %) категорій. Середовище промислового приміщення – нормальне. Потужність КЗ на шинах джерела живлення – 280 МВА.

Метою дипломної роботи є розробка надійної і економічно вигідної системи електропостачання.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок навантажень трифазних споживачів

Розрахунок буде виконуватись модифікованим статистичним методом

1. Визначається груповий коефіцієнт використання

$$k_g = \frac{\sum_{i=1}^m (k_{gi} n_i p_{ni})}{\sum_{i=1}^m (n_i p_{ni})} = \frac{247,74}{524,13} = 0,47$$

2. Визначається зведена (ефективна) кількість струмоприймачів

$$N_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^m n_i p_{ni} \right)^2}{\sum_{i=1}^m (n_i p_{ni}^2)} = \frac{721,60^2}{24132} = 21$$

3. Визначається коефіцієнт розрахункової активної потужності

$$K_p = f(N_e, K_g) = 0,75$$

4. Визначається розрахункова активна потужність струмоприймачів

$$P_p = K_p P_c = K_p \sum_{i=1}^m (k_{gi} n_i p_{ni}) = 0,75 \cdot 247,74 = 185,805 \text{ кВт}$$

5. Визначається розрахункова реактивна потужність

$$Q_p = K_p Q_c = 0,75 \cdot 282,43 = 211,82 \text{ квар}$$

$$\text{де } Q_c = \sum_{i=1}^m (k_i n_i p_{ni} \operatorname{tg} \varphi_i)$$

- середня реактивна потужність групи струмоприймачів.

6. Визначається розрахункова повна потужність струмоприймачів

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{257^2 + 198^2} = 324,42 \text{ кВА}$$

7. Визначається найбільша потужність окремого струмоприймача групи

S_{umi} та здійснюється перевірка: якщо $S_p < S_{umi}$, то $S_p = S_{umi}$.

8. Визначаємо струмове навантаження

$$I_m = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{349}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 530 A$$

Таблиця 1 – Результати електричних навантажень цеху

Найменування вузлів живлення і груп струмоприймачів	Кількість СП	Встановлена потужність, приведена до $TB=100\%$, кВт		Коефіцієнт використання K_v	$\cos\phi$	$\tan\phi$	Середнє навантаження за максимально навантаженою зміну		Ефективна кількість СП N_e	Коефіцієнт розрахункової активної потужності K_p	Максимальне навантаження			I_m, A	Груповий коефіцієнт використання K_v	$p \cdot \tan \phi$	Іном.м.ах, А	Іпк, А
		P_n	P_n				$P_{zm}, кВт$	$Q_{zm}, квар$			$P_p, кВт$	$Q_p, квар$	$S_p, кВА$					
Металорізальні верстати з важким режимом роботи	1	55	55	0,15	0,65	1,17	8,25	9,65	10	1,01	212,26	154,84	262,73	399,18	0,51	3025	129	1045
Металорізальні верстати з особливо важким режимом роботи	1	7,8	7,8	0,17	0,65	1,17	1,33	1,55								61	18	
Металорізальні верстати з особливо важким режимом роботи	1	21	21	0,2	0,65	1,17	4,20	4,91								441	49	
Вентилятори, повітрорудувки	4	7,5	30	0,55	0,8	0,75	16,50	12,38								225	14	
Відцентрові насоси, компресори	2	27	54	0,7	0,8	0,75	37,80	28,35								1458	51	
Електротермічне устаткування	1	45	45	0,75	0,9	0,48	33,75	16,35								2025	76	
Електротермічне устаткування	1	90	90	0,75	0,9	0,48	67,50	32,69								8100	152	
Мостові крани	1	15	14,7	0,05	0,5	1,73	0,73	1,27								215	45	
Підвісні крани	1	6	5,9	0,05	0,5	1,73	0,30	0,51								35	18	
Освітлення	37	0,32	11,84	1	0,92	0,43	11,84	5,04								4	1	
Зварювальні трансформатори ручного зварювання	2	9	17,7	0,4	0,5	1,73	7,07	12,25								156	27	
Зварювальні трансформатори ручного зварювання	1	14	13,9	0,4	0,54	1,56	5,57	8,69								194	39	
Зварювальні трансформатори автоматичного зварювання	1	13	13,1	0,35	0,65	1,17	4,58	5,36								171	31	
Зварювальні трансформатори автоматичного зварювання	1	31	30,7	0,35	0,6	1,33	10,74	14,31								941	78	

2.2 Розрахунок навантажень однофазних споживачів

При увімкненні однофазних ЕП на міжфазні і фазні напруги необхідно забезпечити найбільш рівномірне навантаження на кожен фазу. Загальне середнє навантаження по окремих фазах визначається підсумовуванням однофазних навантажень даної фази (фаза-нуль) і груп однофазних навантажень з однаковими $\cos\phi$ і K_v , увімкнених на лінійну напругу з відповідним приведенням цих навантажень до навантажень однієї фази і фазної напруги за допомогою коефіцієнтів приведення, представлених у таблиці.

Таблиця 2 – Коефіцієнти приведення навантажень до однієї фази

Позначення	При значеннях $\cos\phi$							
	0,4	0,5	0,6	0,65	0,7	0,8	0,9	1
$P_{(AB)} A, P_{(BC)} B,$ $P_{(CA)} C$	1,15	1	0,87	0,83	0,8	0,75	0,67	0,5
$P_{(AB)} B, P_{(BC)} C,$ $P_{(CA)} A$	-0,17	0	0,11	0,16	0,2	0,28	0,36	0,5
$Q_{(AB)} A, Q_{(BC)} B,$ $Q_{(CA)} C$	0,78	0,58	0,38	0,3	0,22	0,09	-0,05	-0,29
$Q_{(AB)} B, Q_{(BC)} C,$ $Q_{(CA)} A$	1,44	1,16	0,96	0,88	0,8	0,67	0,53	0,29

Розраховуємо середню потужність за максимально навантажену зміну для кожної фази. Наприклад, для фази А ділянки №3 маємо:

$$P_{зм(A)} = K_{\epsilon} P_{AB} p_{(ab)A} + K'_{\epsilon} P_{AC} p_{(ac)A} + K''_{\epsilon} P_{A0} = 53,45 \text{ кВт}$$

$$Q_{зм(A)} = K_{\epsilon} Q_{AB} q_{(ab)A} + K'_{\epsilon} Q_{AC} q_{(ac)A} + K''_{\epsilon} Q_{A0} = 73,55 \text{ квар}$$

де K_{ϵ} , K'_{ϵ} , K''_{ϵ} – відповідні коефіцієнти використання;

P_{AB} , P_{AC} – активна потужність струмоприймачів підключених на лінійні напруги U_{AB} і U_{AC} ;

P_{A0} – активна потужність струмоприймачів, підключених на фазну напругу U_A ;

Q_{A0} – реактивна потужність струмоприймачів, підключених на фазну напругу U_A ;

$p_{(ab)A}$, $p_{(ac)A}$ – коефіцієнти приведення активної потужності струмоприймачів до фази А;

$q_{(ab)A}$, $q_{(ac)A}$ – коефіцієнти приведення реактивної потужності струмоприймачів до фази А;

Аналогічно розраховуємо потужності фаз В і С.

Нерівномірність розподілення навантажень по фазам трьохфазної мережі для випадку змішаного включення однофазних струмоприймачів при їх кількості більше трьох і різних значеннях $\cos\phi$ і K_v визначається з урахуванням того, що максимально навантажена фаза визначається за середніми навантаженнями:

$$\varepsilon = \frac{P_{зм.мах.ф} - P_{зм.мін.ф}}{P_{зм.мін.ф} + \frac{P_{зм}}{3}} \cdot 100\% = \frac{37,74 - 18,91}{14,91 + \frac{1205,65}{3}} \cdot 100\% = 4,97\%$$

де $P_{зм.мах.ф}$ і $P_{зм.мін.ф}$ – середні за найбільш навантажену зміну навантаження однофазних струмоприймачів максимально і мінімально завантажених фаз трьохфазної мережі.

$P_{зм}$ – середня за найбільш навантажену зміну навантаження трьохфазних струмоприймачів.

Аналогічно отримаємо коефіцієнти нерівномірності для двох інших ділянок та цеху в цілому.

Однофазні струмоприймачі ввімкненні на фазні та лінійні напруги и розподілені по трьох фазам з нерівномірністю не вище 15% від загальної потужності трьохфазних струмоприймачів, враховуються як трьохфазні струмоприймачі тієї ж сумарної потужності. Якщо нерівномірність більше ніж 15%, то їх розрахункове максимальне значення дорівнює потрійному значенню найбільш навантаженої фази.

В нашому випадку, нерівномірність не перевищила 15% на ділянці №3, де зосереджені усі однофазні зварювальні трансформатори цеха, та цеху в цілому, тому однофазні струмоприймачі були пораховані як трьохфазні.

Таблиця 2 – Розподіл однофазних споживачів по фазах

Найменування	Кількість	Un, В	cosφ	ТВ	S, кВА	Встановлена потужність, приведена до ТВ=100%, кВт	Коефіцієнт використання Кв	0А, шт	0В, шт	0С, шт	АВ, шт	ВС, шт	СА, шт	р(АВ)А, р(ВС)В, р(СА)С	р(АВ)В, р(ВС)С, р(СА)А	q(АВ)А, q(ВС)В, q(СА)С	q(АВ)В, q(ВС)С, q(СА)А	Рзм(А), кВт	Рзм(В), кВт	Рзм(С), кВт
Зварювальні трансформатори ручного зварювання	7	220	0,5	0,5	25	8,84	0,3	2	2	3				1	0	0,58	1,16	53,45	18,91	47,12
Зварювальні трансформатори ручного зварювання	1	380	0,54	0,65	32	13,93	0,3						1	0,9	0,09	0,5	1,1			
Зварювальні трансформатори ручного зварювання	4	380	0,5	0,5	80	28,28	0,3						4	1	0	0,58	1,16	Qзм(А), квар	Qзм(В), квар	Qзм(С), квар
Зварювальні трансформатори автоматичного зварювання	2	380	0,65	0,6	26	13,09	0,35					2		0,84	0,16	0,3	0,88	73,55	63,47	43,62
Зварювальні трансформатори автоматичного зварювання	5	380	0,6	0,6	66	30,67	0,35				5			0,89	0,11	0,38	0,96			

2.3 Розрахунок пікових навантажень

У більшості випадків для розрахунків щодо проектування систем електропостачання необхідно знати тільки піковий струм. Піковий струм двигунів дорівнює пусковому струму і вказується в паспорті двигуна. За відсутності паспорта приймаємо, що піковий струм для асинхронного двигуна з коротко замкнутим ротором:

$$I_{пик} = 5I_{ном}$$

Для зварювальних трансформаторів:

$$I_{пик} = 3I_{ном}$$

При визначенні пікового струму групи двигунів вважається, що всі двигуни, крім найбільшого, працюють в нормальному режимі, а найбільший двигун запускається.

Для групи двигунів:

$$I_{пик} = i_{п.пик} + I_m - k_{\phi} I_{ном.мах}$$

де $i_{n.max} = k_n I_{ном.max}$ - струм найбільшого за потужністю струмоприймача, А;

k_n – кратність пускового струму;

I_m – розрахунковий струм групи споживачів, А;

k_b – коефіцієнт використання, характерний для двигуна, котрий має найбільший пусковий струм;

$I_{ном.max}$ – номінальний струм найбільш потужного в групі струмоприймача, А.

Результат пікових значень наведенні у таблиці вище.

2.4 Вибір цехових трансформаторних підстанцій і компенсувальних пристроїв

Вибір кількості, потужності і розміщення цехових трансформаторних підстанцій

За розрахунковим навантаженням цеху S_p і площею цеху F визначаємо питому щільність навантаження:

$$\sigma = \frac{S_p}{F} = \frac{1502}{13392} = 0,112 \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2}$$

При щільності навантаження напругою 380 В до 0,2 кВА/м² застосовуються трансформатори потужністю до 1000 кВА включно.

Знаходимо мінімальну кількість трансформаторів

$$N_0 = \frac{P_m}{\beta \cdot S_{ном.T}} + \Delta N = \frac{1176}{0,7 \cdot 1000} + 0,32 = 2$$

де ΔN - добавка до найближчого цілого числа; β - коефіцієнт завантаження трансформаторів; $S_{ном.T}$ - номінальна потужність рекомендованого трансформатора; P_m - розрахункова активна потужність.

Оптимальна за умови економічності кількість трансформаторів визначається як $N_{T.опт} = N_0 + m$, де m - додаткова кількість трансформаторів.

На рис. 1 приведені графіки для визначення числа m .

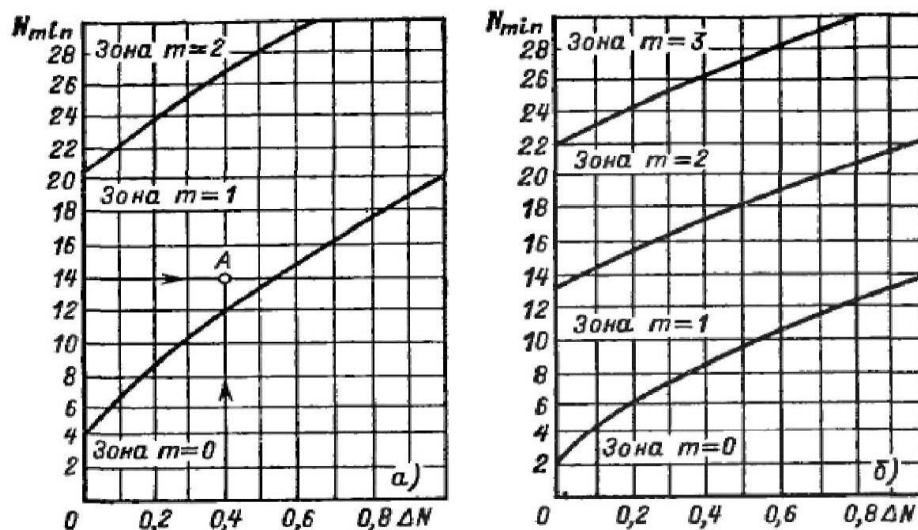


Рис.1 - зони для визначення додаткової кількості трансформаторів:

а) $K_z = 0,7-0,8$; б) $K_z = 0,9-1$

В нашому випадку, число $m = 0$.

До установки на КТП приймаємо трансформатори ТМ-1000/6, паспортні дані яких зазначено в таблиці №7.

Таблица 3 - Паспортні дані ТМ-1000/10

Тип	Увн, кВ	Унн, кВ	Укз, %	$\Delta P_{кз}$, кВт	$\Delta P_{хх}$, кВт	$\Delta Q_{хх}$, квар	Іхх, %	Вартість тис. грн.
ТМ- 1000/6	6	0,4	5,5	11	2,45	14	1,4	2750

2.5 Картограма навантажень

Для визначення розташування КТП на генеральному плані підприємства наноситься картограма електричних навантажень, яка наочно представляє розподіл і структуру навантажень по території цеху або підприємства. Картограма дозволяє знайти центр електричних навантажень цеху (ЦЕН) або підприємства. Таким чином картограма активних навантажень служить для визначення координат ГЗП (ТП), а реактивних – допомагає намітити місця

установки джерел реактивної енергії. Картограма електричних навантажень технологічних ділянок і цехів показується у вигляді кругів. Площа кругів у масштабі відповідає повній, активній або реактивній потужності навантаження ділянки або цеху.

Звичайно на генплан наносять картограму активних і реактивних навантажень, тому що їх живлення здійснюється, як правило, від різних джерел: активних – від електростанцій, реактивних – від СК, СД, БК та інших, які потрібно розміщувати поряд з відповідними ЦЕН.

Знаходимо для кожного окремого струмоприймача координати (x;y) на плані та добутки середньої активної і реактивної потужності за найбільш завантажену зміну на відповідні координати. Розрахунки зводимо до таблиці 8 (розрахунок приведений для ділянки 1). Для всіх інших ділянок проводимо аналогічні розрахунки.

Координати центрів навантажень знаходимо за формулами:

$$x_{1акт} = \frac{\sum P_{зм.і} x_i}{\sum P_{зм.і}} = \frac{15271}{314} = 31 \text{ м}$$

$$y_{1акт} = \frac{\sum P_{зм.і} y_i}{\sum P_{зм.і}} = \frac{31473}{314} = 61 \text{ м}$$

$$x_{1реакт} = \frac{\sum Q_{зм.і} x_i}{\sum Q_{зм.і}} = \frac{1665}{362} = 32 \text{ м}$$

$$y_{1реакт} = \frac{\sum Q_{зм.і} y_i}{\sum Q_{зм.і}} = \frac{24088}{362} = 67 \text{ м}$$

Таблиця 4 - Центри навантажень

№	Кв	cosφ	Рн, кВт	Рзмі, кВт	tgφ	Qзмі, квар	Xi, м	Yi, м	Рзмі·Xi	Рзмі·Yi	Qзмі·Xi	Qзмі·Yi
1	0,65	0,8	13	8,45	0,75	6,34	6	107	50,70	904,15	38,03	678,11
2	0,65	0,8	13	8,45	0,75	6,34	12	106	101,40	895,7	76,05	671,78
3	0,65	0,8	13	8,45	0,75	6,34	20	106	169,00	895,7	126,75	671,78
4	0,65	0,8	13	8,45	0,75	6,34	30	105	253,50	887,25	190,13	665,44
5	0,2	0,65	30	6,00	1,17	7,01	42	104	252,00	624	294,62	729,54
6	0,16	0,5	22	3,52	1,73	6,10	54	105	190,08	369,6	329,23	640,17
9	0,05	0,5	6	0,30	1,73	0,52	30	95	9,00	28,5	15,59	49,36
11	0,16	0,5	22	3,52	1,73	6,10	11	89	38,72	313,28	67,07	542,62
15	0,65	0,8	13	8,45	0,75	6,34	3	82	25,35	692,9	19,01	519,68
16	0,7	0,8	30	21,00	0,75	15,75	22	82	462,00	1722	346,50	1291,50
17	0,75	0,9	55	41,25	0,48	19,98	36	82	1485,00	3382,5	719,22	1638,22
18	0,75	0,9	55	41,25	0,48	19,98	45	82	1856,25	3382,5	899,02	1638,22
19	0,05	0,5	15	0,75	1,73	1,30	30	76	22,50	57	38,97	98,73
22	0,2	0,65	13	2,60	1,17	3,04	3	70	7,80	182	9,12	212,78
23	0,2	0,65	13	2,60	1,17	3,04	12	70	31,20	182	36,48	212,78
24	0,2	0,65	30	6,00	1,17	7,01	22	70	132,00	420	154,33	491,03
25	0,7	0,8	30	21,00	0,75	15,75	30	69	630,00	1449	472,50	1086,75
26	0,7	0,8	30	21,00	0,75	15,75	36	69	756,00	1449	567,00	1086,75
27	0,2	0,65	30	6,00	1,17	7,01	47	69	282,00	414	329,69	484,02
28	0,75	0,9	55	41,25	0,48	19,98	54	69	2227,50	2846,25	1078,83	1378,50
34	0,2	0,65	30	6,00	1,17	7,01	10	64	60,00	384	70,15	448,95
37	0,05	0,5	15	0,75	1,73	1,30	24	58	18,00	43,5	31,18	75,34
38	0,75	0,9	90	67,50	0,48	32,69	50	57	3375,00	3847,5	1634,59	1863,43
39	0,7	0,8	30	21,00	0,75	15,75	54	56	1134,00	1176	850,50	882,00
48	0,65	0,8	55	35,75	0,75	26,81	4	49	143,00	1751,75	107,25	1313,81
49	0,2	0,65	60	12,00	1,17	14,03	12	48	144,00	576	168,35	673,42
50	0,2	0,65	60	12,00	1,17	14,03	18	48	216,00	576	252,53	673,42
51	0,16	0,5	60	9,60	1,73	16,63	25	49	240,00	470,4	415,69	814,76
52	0,75	0,9	55	41,25	0,48	19,98	35	48	1443,75	1980	699,24	958,96
53	0,17	0,65	55	9,35	1,17	10,93	42	48	392,70	448,8	459,12	524,71
54	0,17	0,65	55	9,35	1,17	10,93	48	49	448,80	458,15	524,71	535,64
55	0,17	0,65	60	10,20	1,17	11,93	54	45	550,80	459	643,96	536,63

Таблиця 5 - Координати ЦЕН діляниць

Координата	
$X_{\text{акт}}, \text{м}$	35
$Y_{\text{акт}}, \text{м}$	67
$X_{\text{реакт}}, \text{м}$	32
$Y_{\text{реакт}}, \text{м}$	67

Визначаємо координати ЦЕН для цеху. Для активної потужності:

$$X_{акт} = \frac{\sum_{i=1}^3 P_{зм.i} \cdot x_{акт.i}}{\sum_{i=1}^3 P_{зм.i}} = 35 \text{ м}$$

$$Y_{акт} = \frac{\sum_{i=1}^3 P_{зм.i} \cdot y_{акт.i}}{\sum_{i=1}^3 P_{зм.i}} = 67 \text{ м}$$

Для реактивної потужності:

$$X_{реакт} = \frac{\sum_{i=1}^3 Q_{зм.i} \cdot x_{реакт.i}}{\sum_{i=1}^3 Q_{зм.i}} = 32 \text{ м}$$

$$Y_{реакт} = \frac{\sum_{i=1}^3 Q_{зм.i} \cdot y_{реакт.i}}{\sum_{i=1}^3 Q_{зм.i}} = 67 \text{ м}$$

Радіуси окружностей активної потужності розраховуємо за формулою:

$$R_p = \sqrt{P_m / (\pi \cdot m_p)}$$

Радіуси окружностей реактивної потужності розраховуємо за формулою:

$$R_q = \sqrt{Q_m / (\pi \cdot m_q)}$$

де m_p , m_q – масштабні коефіцієнти по активній і реактивній потужності.

Приймаємо коефіцієнти $m_p=1\text{Вт/м}^2$; $m_q=1\text{ квар/м}^2$.

$$R_p = \sqrt{1176 / (3,14 \cdot 1)} = 19 \text{ м.}$$

$$R_q = \sqrt{932 / (3,14 \cdot 1)} = 17 \text{ м.}$$

2.6 Вибір потужності джерел компенсації реактивних навантажень

За обраною кількістю трансформаторів визначаємо найбільшу реактивну потужність, яку доцільно передати через трансформатори в мережу напругою до 1 кВ:

$$Q_T = \sqrt{(N_{T.опт} \cdot \beta \cdot S_{H.T})^2 - P_M^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 1177^2} = 759 \text{ квар}$$

Як основний засіб компенсації на підприємстві будемо застосовувати батареї статичних конденсаторів.

Сумарна потужність батарей конденсаторів напругою нижче 1 кВ для даної групи трансформаторів визначається:

$$Q_{нк1} = Q_M - Q_T = 932 - 759 = 173 \text{ квар}$$

Додаткова потужність БК напругою до 1 кВ, яка потрібна для оптимального зниження втрат у трансформаторах:

$$Q_{нк2} = Q_M - Q_{нк1} - \gamma \cdot N_{T.опт} \cdot S_{ном.Т} = 932 - 173 - 0,29 \cdot 2 \cdot 1000 = 179 \text{ квар}$$

де $\gamma = 0,29$ - розрахунковий коефіцієнт, що визначається по кривим рис. 2 залежно від показників K_{p1} і K_{p2} .

З довідкових таблиць приймаємо для наших умов при трьохзмінному графіку роботи: $K_{p1} = 11$. З довідкових таблиць приймаємо для нашої потужності трансформатору та довжини живлючої лінії: $K_{p2} = 10$.

Сумарна потужність БСК на напругу до 1 кВ:

$$Q_{нк} = Q_{нк1} + Q_{нк2} = 173 + 179 = 352 \text{ квар}$$

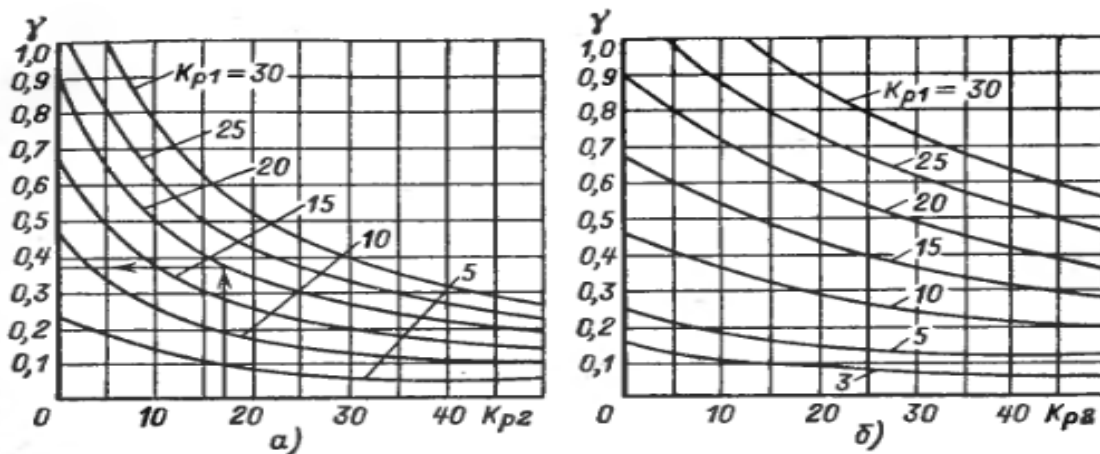


Рис. 2 – Криві визначення коефіцієнта γ для радіальної схеми живлення трансформаторів при напрузі мережі 6 (а) та 10 (б) кВ

Приймаємо до установки дві конденсаторні установки: УКАР-0,4/250/10
УЗ. Характеристики даних БСК наведено у таблиці 12.

Таблиця 5 - Технічні характеристики конденсаторних установок 0,4 кВ

Найменування	Потужність, квар	Кількість ступеней регулювання	Габарити, мм	Струм, А	Переріз живлячого кабеля, мм ²	Автоматичний вимикач
УКАР-0,4/250/10	250	10	1000x600 x1800	361	(3*185)	ВА 88-40 (400 А)

З балансового рівняння реактивних потужностей для будь-якого вузла напругою 6–10 кВ знаходимо потужність конденсаторних батарей, які додатково необхідно встановити у розподільній мережі підприємства:

$$Q_{\text{вк}} = \sum_{i=1}^n (Q_{m,i} - Q_{\text{нк},i}) + \sum_{j=1}^k Q_{m.\text{ПП},i} + \Delta Q_{T,i} - (Q_{\text{сд}} + Q_e) = 0 + 2108 + 28 - 4388 - 229 = -2481$$

$$\sum_{i=1}^n (Q_{m,i} - Q_{\text{нк},i}) = 352 - 500 = -148 \quad \text{квар} \quad - \quad \text{нескомпенсована реактивна}$$

потужність низьковольтних струмоприймачів, квар. Результат від'ємний, отже прирівнюємо до нуля.

$$\sum_{j=1}^k Q_{m.\text{ПП},i} = \frac{P_{\text{АД.ном}} K_{\text{АД}} \text{tg} \varphi_{\text{АД}} n_{\text{АД}}}{\eta_{\text{АД}}} = \frac{800 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 4}{0,85} = 2108 \quad - \quad \text{реактивна потужність}$$

споживана асинхронними двигунами на високовольтній стороні, квар.

$$\Delta Q_{T,i} = 28 \quad - \quad \text{втрати реактивної потужності у трансформаторах, квар.}$$

$$Q_{CD} = \frac{P_{CD} \cdot K_{CD} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{CD} \cdot n_{CD}}{\eta_{CD}} = \frac{1600 \cdot 0,85 \cdot 0,484 \cdot 6}{0,9} = 4388 \quad - \quad \text{реактивна}$$

потужність, що генерується синхронними двигунами, квар.

$$Q_e = \frac{W_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ном}}{T_{м.р}} = \frac{P_p \cdot T_m \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ном}}{T_{м.р}} = \frac{1177 \cdot 3770 \cdot 0,25}{4840} = 229 \quad - \text{ реактивна потужність,}$$

яка відповідає реактивній енергії, яку енергосистема без штрафних санкцій може передати до розподільних мереж підприємства за рік, квар. Де $T_{м.р.} = 4840$ і $T_m = 3770$ - час використання реактивного та максимального навантаження підприємства, який приймається згідно до галузі, якій належить підприємство.

Результат від'ємний. Немає потреби у компенсації на вищій стороні.

2.7 Вибір напруги, структури і конструктивного виконання цехової мережі

В цеху знаходяться споживачі тільки змінного струму частотою 50Гц. Зварювальні трансформатори розраховані на напругу 220 і 380 В, освітлення – на напругу 220 В. потужність двигунів, встановлених у цеху не перевищує 100 кВт, тому приймається варіант сумісного живлення силових і освітлювальних електроприймачів від спільних трансформаторів. Приймаємо для внутрішніх цехових мереж чотирьохпровідну мережу з номінальною напругою 380/220 В, так як це дозволить виконувати живлення як трифазних електроприймачів 380 В, так і однофазних (фаза-нуль) напругою 220 В.

Згідно з ПУЕ в чотирьохпровідних мережах змінного струму обов'язкове глухе заземлення нейтралі, тому нейтраль обмотки низької напруги трансформатора заземлюється. Такий режим нейтралі сприяє захисту людини від ураження електричним струмом при дотику до струмоведучої частини або корпусу електроапарату, який опинився під напругою.

Для живлення цехових ЕП встановлюються одна комплектна двох-трансформаторна підстанція з трансформаторами потужністю 1000 кВА. КТП встановлюються якомога ближче до ЦЕН поблизу колон, в „мертвій” зоні роботи підйомних механізмів з забезпеченням доступу для обслуговування.

Живлення КТП від джерела (шини ГЗП) виконується кабельними лініями напругою 6 кВ, прокладеними в траншеї з температурою ґрунту 15°C. температуру цеху приймаємо 25°C. Середовище цеху нормальне.

Високий ступінь надійності електропостачання забезпечують магістральні схеми з шинопроводами. Їх перевагами є універсальність і гнучкість, які дозволяють вносити зміни в технології виробництва і робити перестановки виробничого обладнання без суттєвих змін електричних мереж. Для заданого цеху приймаємо магістральну схему цехової мережі. Виконуємо блоком трансформатор-магістраль. Розрахунок навантажень на шинопроводи виконуємо модифікованим статистичним методом.

2.8 Розрахунок і захист цехової мережі

Вибір шинопроводів

Для магістральних шинопроводів приймаємо комплектні чотирьохпроводні магістральні шинопроводи ШМА-4УЗ на струми 1250 і 1600 А, при цьому повинна виконуватися умова:

$$I_m \leq I_{ном}$$

де I_m - розрахунковий струм шинопроводу;

$I_{ном}$ - номінальний струм ШМА.

Для першого трансформатора:

$$1148 < 1250$$

Для другого трансформатора:

$$1304 < 1600$$

Умова виконана. Технічні дані ШМА-4УЗ-1250 приведені в таблиці. Магістральний шинопровід прокладаємо на висоті 3,5 м.

Таблиця 6 - Технічні дані магістральних шинопроводів

Номінальний струм, А	Амплітудне значення	Активний опір	Реактивний опір фази,	Повний опір	Повний опір
-------------------------	------------------------	------------------	--------------------------	----------------	----------------

	струму КЗ, кА	фази, Ом/км	Ом/км	фази, Ом/км	петлі фаза- нуль, Ом/км
1600	70	0,030	0,014	0,033	0,053
1250	50	0,033	0,018	0,038	0,112

Для розподільного шинопроводу застосовуємо чотирьохпроводні комплектні шинопроводи ШРА73У3 на струми 400 і 630 А. Технічні дані наведено в таблиці 14. Розподільні шинопроводи прокладаємо на висоті 2 м.

Таблиця 7 – Технічні дані розподільних шинопроводів ШРА73У3

Номінальний струм, А	Амплітудне значення струму КЗ, кА	Термічна стійкість, кА	Активний опір фази, Ом/км	Реактивний опір фази, Ом/км
400	25	10	0,13	0,10
630	35	14	0,10	0,13

В таблицях наведено розрахунок навантаження на розподільні шинопроводи ШРА-1 – ШРА-7, та магістральні ШМА-1 – ШМА-2. Для всіх шинопроводів розрахунки виконано аналогічно.

Результат розрахунку навантаження на ШРА

ШРА																		
Найменування вузл живлення і груп струмоприймачів	Кількість СП	Встановлена потужність, приведена до ТВ=100%, кВт		Коефіцієнт використа ння Кв	cosφ	tgφ	Середнє навантаження за максимально навантаженою зміну		Ефективна кількість СП Ne	Коефіцієнт розрахунково ї активної потужності Кр	Максимальне навантаження			Ім, А	Груповий коефіцієнт використа ння Кв	п*рн*рн	Іном.м ах, А	Іпк, А
		рн	Рн				Рзм, кВт	Qзм, квар			Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА					
Металорізальні верстати з важким режимом роботи	1	55	55	0,15	0,65	1,17	8,25	9,65	10	1,01	208,69	148,65	256,22	389,28	0,51	3025	129	1035
Металорізальні верстати з особливо важким режимом роботи	1	7,8	7,8	0,17	0,65	1,17	1,33	1,55								61	18	
Металорізальні верстати з особливо важким режимом роботи	1	21	21	0,2	0,65	1,17	4,20	4,91								441	49	
Вентилятори, повітродувки	4	7,5	30	0,55	0,8	0,75	16,50	12,38								225	14	
Відцентрові насоси, компресори	2	27	54	0,7	0,8	0,75	37,80	28,35								1458	51	
Електротермічне устаткування	1	45	45	0,75	0,9	0,48	33,75	16,35								2025	76	
Електротермічне устаткування	1	90	90	0,75	0,9	0,48	67,50	32,69								8100	152	
Мостові крани	1	15	14,7	0,05	0,5	1,73	0,73	1,27								215	45	
Підвісні крани	1	6	5,9	0,05	0,5	1,73	0,30	0,51								35	18	
Освітлення	37	0,32	11,84	1	0,92	0,43	11,84	5,04								4	1	
Зварювальні трансформатори ручного зварювання	1	9	8,8	0,4	0,5	1,73	3,54	6,12								78	27	
Зварювальні трансформатори ручного зварювання	1	14	13,9	0,4	0,54	1,56	5,57	8,69								194	39	
Зварювальні трансформатори автоматичного зварювання	1	13	13,1	0,35	0,65	1,17	4,58	5,36								171	31	
Зварювальні трансформатори автоматичного зварювання	1	31	30,7	0,35	0,6	1,33	10,74	14,31								941	78	

Результат розрахунку навантаження на ШМА

ШМА 1600 А																		
Найменування вузлів живлення і груп струмоприймачів	Кількість СП	Встановлена потужність, приведена до ТВ=100%, кВт		Коефіцієнт використання Кв	cosφ	tgφ	Середнє навантаження за максимально навантажену зміну		Ефективна кількість СП Ne	Коефіцієнт розрахункової активної потужності Кр	Максимальне навантаження			Ім, А	Груповий коефіцієнт використання Кв	п*рн*рн	Іном. max, А	Іпik, А
		рн	Рн				Рзм, кВт	Qзм, квар			Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА					
Металорізальні верстати з легким режимом роботи	5	30	150	0,16	0,5	1,73	24,00	41,57	48	0,755	651,18	559,95	858,82	1304,85	0,41	4500	91	2187
Металорізальні верстати з легким режимом роботи	4	60	240	0,16	0,5	1,73	38,40	66,51								14400	182	
Металорізальні верстати з важким режимом роботи	2	7,5	15	0,17	0,65	1,17	2,55	2,98								113	18	
Металорізальні верстати з важким режимом роботи	2	22	44	0,17	0,65	1,17	7,48	8,75								968	51	
Металорізальні верстати з важким режимом роботи	1	60	60	0,17	0,65	1,17	10,20	11,93								3600	140	
Металорізальні верстати з особливо важким режимом роботи	5	60	300	0,2	0,65	1,17	60,00	70,15								18000	140	
Вентилятори, повітрорудки	3	7,5	22,5	0,65	0,8	0,75	14,63	10,97								169	14	
Вентилятори, повітрорудки	5	30	150	0,65	0,8	0,75	97,50	73,13								4500	57	
Вентилятори, повітрорудки	4	55	220	0,65	0,8	0,75	143,00	107,25								12100	104	
Відцентрові насоси, компресори	5	13	65	0,7	0,8	0,75	45,50	34,13								845	25	
Відцентрові насоси, компресори	1	30	30	0,7	0,8	0,75	21,00	15,75								900	57	
Електротермічне устаткування	5	30	150	0,75	0,9	0,48	112,50	54,49								4500	51	
Електротермічне устаткування	2	90	180	0,75	0,9	0,48	135,00	65,38								16200	152	
Мостові крани	1	26	25,6	0,05	0,5	1,73	1,28	2,22								656	78	
Мостові крани	1	32	31,6	0,05	0,5	1,73	1,58	2,74								1000	96	
Мостові крани	2	46	91,1	0,05	0,5	1,73	4,55	7,89								4147	138	
Підвісні крани	2	6	11,9	0,05	0,5	1,73	0,59	1,03								71	18	
Освітлення	150	0,32	48	1	0,92	0,43	48,00	20,45								15	1	
Зварювальні трансформатори ручного зварювання	5	9	44,2	0,3	0,5	1,73	13,26	22,96								391	27	
Зварювальні трансформатори ручного зварювання	4	28	113,1	0,3	0,5	1,73	33,94	58,79								3200	86	
Зварювальні трансформатори автоматичного зварювання	1	13	13,1	0,35	0,65	1,17	4,58	5,36								171	31	
Зварювальні трансформатори автоматичного зварювання	4	31	122,7	0,35	0,6	1,33	42,94	57,26								3764	78	

Приєднання ШРА до магістрального шинопроводу здійснюють кабельною перемичкою.

Визначимо втрати напруги в магістральному шинопроводі:

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot r_0 + Q_i \cdot x_0) \cdot l_i}{U_n^2 \cdot 10}, \%$$

де P_i , Q_i - активні і реактивні навантаження магістрального шинопроводу, кВт, квар;

r_0 , x_0 - активний і індуктивний опір шинопроводу, Ом/км;

l_i - довжина частин шинопроводу з відповідним навантаженням;

U_n - номінальна напруга, кВ.

Якщо менше 5 %, то рівень напруги витримується. Для інших шинопроводів розрахунок аналогічний.

Результат зводимо до таблиці 24.

Таблиця 8 – Втрати напруги в ШМА

№ ШМА	1	2
ΔU , %	0,38	1,09

Втрата напруги в розподільних шинопроводах визначається аналогічно магістральним, при цьому для спрощення розрахунку приймаємо, що навантаження розподілено по ШРА рівномірно. Приведемо приклад розрахунку для ШРА-1:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_m \cdot l \cdot 100}{U_n} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \%$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 319 \cdot 0,075 \cdot 100}{380} (0,13 \cdot 0,83 + 0,10 \cdot 0,55) = 1,78 \%$$

Для інших ШРА розрахунок виконуємо аналогічно.

Таблиця 9 - Вибір розподільчих шинопроводів

№ ШРА	S_m , кВА	I_m , А	$I_{\text{ном.шра}}$, А	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	$I_{\text{пик}}$, А	L , км	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	$\Delta U_{\text{ШРА.м}}$
ШРА 1	210	319	400	0,13	0,10	714	0,075	0,83	0,55	1,78

Після розподілення потужностей між шинопроводами, можна визначити точки підключення БСК. Загальна розрахункова потужність батарей конденсаторів у мережі до 1 кВ розподіляється між шинопроводами пропорційно їх сумарному реактивному навантаженню.

Точка підключення визначається з умови:

$$Q_h \geq \frac{Q_{БК}}{2} \geq Q_{h+1}$$

Перевіряємо умову для точки 3 шинопроводу ШМА-1:

$$309 > \frac{250}{2} > 116$$

Умова виконана. На рис. 3 зображено реактивні навантаження магістрального шинопроводу ШМА-1 до встановлення БСК, а на рис. 4 – після встановлення.

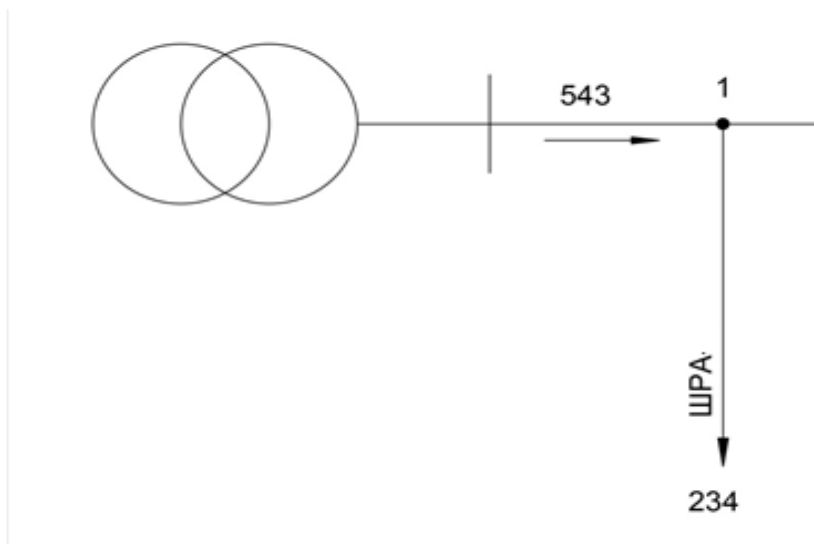


Рис. 3 – Реактивні навантаження ШМА-1 без БСК

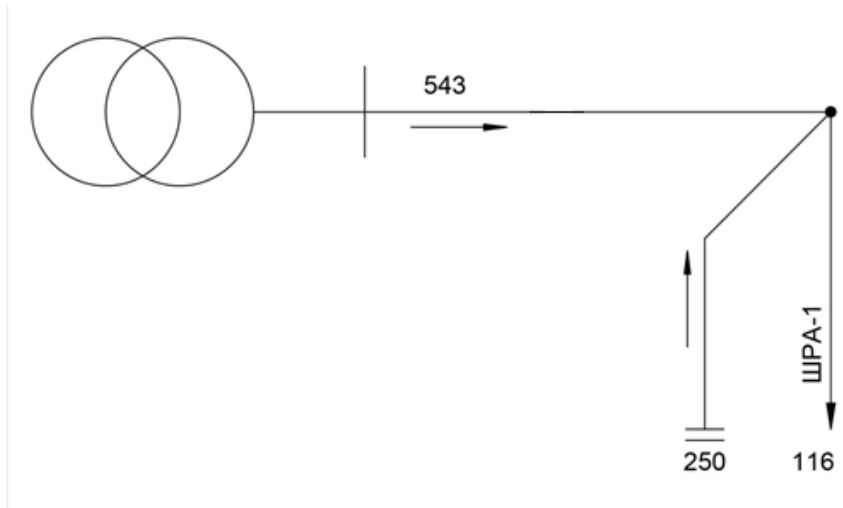


Рис. 4 – Реактивні навантаження ШМА-1 з БСК

Вибираємо автоматичний ввідний вимикач для приєднання ШРА до магістрального шинопроводу на прикладі ШРА-1:

Приймаємо ВА 88-40

- за номінальною напругою: $380 < 400 \text{ В}$

- за номінальним струмом автомату: $319 \text{ А} < 400 \text{ А}$

- за номінальним струмом розчеплювача: $319 \text{ А} < 400 \text{ А}$

Вибираємо уставки автомата:

1. Струму спрацьовування захисту від перевантаження

$$I_{\text{спр.н}} = 1,25 \cdot I_{\text{нр}} = 1,25 \cdot 400 = 500 \text{ А}$$

2. Уставка струму спрацьовування захисту від КЗ $I_{\text{св}}$

$$I_{\text{св}} = 4000 \geq 1,25 I_{\text{нік}} = 1,25 \cdot 714 = 893 \text{ А}$$

3. Уставка часу спрацьовування захисту при перевантаженні, рівному $1,25 \cdot I_{\text{нр}} = 500 \text{ А}$. Приймаємо $t_{\text{пер}} = 750 \text{ с}$.

4. Уставка часу спрацювання захисту при струмах КЗ $t_{св}$. Приймаємо $t_{св}=0,2$ с, що в 2 рази більше часу спрацювання на найнижчому рівні розподілу електроенергії.

Вибираємо кабель для підключення ввідної коробки ШРА-1 до відгалужувальної секції ШМА-1. Вибір ведемо за нагрівом і відповідністю кабеля вибраному автомату:

$$1) I_{доп} \geq I_m;$$

$$369 > 319$$

$$2) I_{доп} \geq I_{спр.п} / 1,5$$

$$369 > 333$$

Приймаємо кабель марки АВВГ 3*240+1*120. Кабель прокладаємо відкрито.

Таблиця 10 – Автомати і кабелі для підключення ШРА к ШМА

	I_m , А	$I_{пк}$, А	$U_{на}$ в, В	$I_{нав}$, А	$I_{н.р}$, А	Тип АВ	Іспр. п, А	$I_{св}$, А	1,25I пк, А	Ідоп. к, А	Іспр. п/1,5 , А	Кабель
ШРА 1	319	714	400	400	400	ВА 88-40	500	400 0	893	369	333	АВВГ 3*240+1*12 0

2.9 Вибір перерізу провідників і автоматів для цехової КТП

Кабелі, що живлять цехові КТП, мають бути підключені до різних шин ГЗП за умовами резервування у післяаварійному режимі.

Переріз кабелю 6(10) кВ вибираємо за економічною густиною струму (див. табл. 1.3.36 ПУЕ).

$$F_e = \frac{I_{н.р.}}{j_e}$$

де $I_{н.р}$ – струм нормального режиму роботи, А;

j_e – економічна густина струму, А/мм².

Для електромеханічного цеху, число годин найбільшого навантаження складає 3770 г, отже, для кабелів з алюмінієвими жилами $j_e = 1,4$ А/мм².

Визначаємо струм трансформатора в нормальному режимі роботи:

$$I_{н.р.} = \frac{\beta_{н.р.} \cdot S_{нм}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{0,7 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 6} = 67 \text{ А}$$

Тоді, економічно доцільний переріз буде:

$$F_e = \frac{67}{1,4} = 48 \text{ мм}^2$$

Найближчий стандартний переріз складає 50 мм². Приймаємо кабель з паперовою пропитаною ізоляцією марки ААШв-3*50.

Перевіряємо кабель по нагріву в післяаварійному режимі (при виході з ладу одного кабелю, і живленню навантаження по залишеним двом):

$$I_{ab} \leq I'_{доп}$$

$$135 < 172,26 - \text{вірно.}$$

Де I_{ab} - струм після аварійного режиму, А;

$I'_{доп}$ - допустимий струм, А.

$$I'_{доп} = k_1 k_2 k_3 I_{доп} = 1 \cdot 0,87 \cdot 1,2 \cdot 165 = 172,26 \text{ А}$$

де $k_1 = 1$ - коефіцієнт, який враховує температуру навколишнього середовища (вважаємо, що температура не відрізняється від нормальної=15 С);

$k_2 = 0,87$ - коефіцієнт, який враховує число поруч прокладених у землі кабелів (три кабелі з відстанню 200 мм);

$k_3 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує допустиме перевантаження в після аварійному режимі. (при тривалості максимуму 6 год).

Струм в після аварійному режимі дорівнює:

$$I_{ab} = \frac{1,4 S_{нм}}{\sqrt{3} U_{вн}} = 135 \text{ А}$$

Перевіряємо кабелі на термічну стійкість при протіканні струмів КЗ.
Умова перевірки:

$$F_{\min} \leq F$$

де F_{\min} – мінімальний переріз провідника, що відповідає вимозі його термічної стійкості при короткому замиканні, мм².

$$F_{\min} \leq \frac{I_{\infty} \sqrt{t_{\text{відк}} + T_a}}{C}$$

де I_{∞} – струм КЗ, А;

$t_{\text{відк}}$ – час протікання струму КЗ, с;

T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму КЗ, рівна 0,01с для розподільчих мереж напругою 6-10 кВ;

C – постійна, що визначається в залежності від заданої ПУЕ кінцевої температури нагріву жил і напруги. Для кабелів з паперовою пропитаною ізоляцією при напрузі 6 кВ $C = 98 \text{ А} \cdot \text{с}^{-1/2} / \text{мм}^2$.

Величину струму КЗ визначаємо по заданій потужності КЗ $S_{\text{кз}}$ на шинах джерела живлення:

$$I_{\infty} = \frac{S_{\text{кз}}}{\sqrt{3}U_n} = \frac{280000}{\sqrt{3} \cdot 6} = 26943 \text{ А}$$

Згідно ПУЕ час дії струму КЗ складається з часу дії основного релейного захисту даного ланцюга $t_{\text{рз}}$ і повного часу відключення вимикача $t_{\text{відк.в}}$.

Приймаємо, що $t_{\text{відкл.в}} = 0,055 \text{ с}$ (час відключення вимикача ВР).

Час дії релейного захисту приймаємо рівним $t_{\text{рз}} = 0,01 \text{ с}$. Тоді:

$$t_{\text{відк}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{відкл.в}} = 0,01 + 0,055 = 0,065 \text{ с}$$

$$F_{\min} = \frac{26943 \sqrt{0,065 + 0,01}}{98} = 75,3 \text{ мм}^2$$

$75,3 > 50$ - умова не виконана. Остаточню приймаємо живлення цехової КТП кабелями марки ААШв-3*95, $r_0 = 0,405 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,057 \text{ Ом/км}$; $L = 1400 \text{ м}$.

Вибираємо ввідний автоматичний вимикач на стороні 0,4 кВ.

Вибір ведемо за розрахунковим струмом післяаварійного режиму (при виході з ладу одного трансформатора). Згідно ПУЕ допускається перевантаження трансформатора на 40%.

$$I_p = \frac{K_{зав} S_{н.т}}{\sqrt{3} U_{нн}} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 2127,1 \text{ А}$$

Умови вибору:

- за номінальною напругою: $380 < 660 \text{ В}$;
- за номінальним струмом автомата: $I_p < I_{н.вим}$

$$2127,08 < 2500 \text{ А};$$

- за номінальним струмом розчеплювача:

$$I_{н.р} > I_p$$

$$0,9 \cdot 2500 > 2127,08$$

$$2250 > 2127,08 \text{ А.}$$

Приймаємо автомат типу Э25-04.

Вибираємо уставки автомата:

1) Струм спрацьовування захисту від перенавантаження:

$$I_{спр.п} = 1,25 \cdot I_{нр} = 1,25 \cdot 2250 = 2812,5 \text{ А}$$

2) Уставка струму спрацьовування захисту від КЗ:

$$I_{св} > 1,25 I_{нік}$$

$$4500 > 2187 \text{ А}$$

3) Уставка часу спрацьовування захисту при перевантаженні, рівному

$$I_{спр.п} = 1,25 \cdot I_{нр} = 1,25 \cdot 2250 = 2812,5 \text{ А прийmemo } t_{пер} = 600 \text{ с.}$$

4) Уставка часу спрацьовування захисту при струмах КЗ $t_{св}$. Приймаємо $t_{св} = 0,3 \text{ с}$, що в 3 рази більше часу спрацювання на найнижчому рівні розподілу електроенергії.

5. Струм спрацювання миттєвого захисту 50 кА.

Вибираємо секційний вимикач, враховуючи, що через нього може проходити максимальний струм однієї секції (приймаємо найбільший струм серед усіх ШМА). Результати вибору зводимо до таблиці 28.

Таблиця 11 – Вибір секційного вимикача

I_M, A	$I_{пик}$	Тип АВ	$U_{ном} \geq U_{мер}$	$I_H > I_M$		$I_{н.р} > 1,25I_M$		$I_{спр.з} > 1,25I_{пик}$	
1304	2187	ВА 88-43	$400 > 380$	1600	1304	1600	1589	4000	2733

2.10 Вибір захисних апаратів і провідників для живлення електроприймачів

Розглянемо на прикладі металорізального станка з легким режимом роботи. Вихідні дані: $P_H = 22$ кВт; $\cos \varphi = 0,5$; $U_{ном} = 380$ В.

Визначаємо номінальний і піковий струми споживача:

$$I_p = I_M = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 67 \text{ А}$$

$$I_{пик} = 5 \cdot I_M = 5 \cdot 67 = 335 \text{ А}$$

Вибираємо автоматичний вимикач:

- по номінальній напрузі: $380 < 660$ (В);
- по номінальному струму автомату: $I_p < I_{н.вим}$; $67 < 100$ А;
- по номінальному струму теплового розчеплювача:

$$I_{н.р} > 1,25I_p; 100 > 84 \text{ А}$$

- по струму спрацювання електромагнітного розчеплювача:

$$I_{сз} > 1,25I_{пик}; 1000 > 418$$

- по допустимому струму кабелю:

$$I_{дон} > \frac{I_{н.р}}{1,5}; 88 > 67$$

Умови виконані. Приймаємо автомат ВА 88-32 на 100 А.

Кабель АВВГ 3х25+1х16, проложений відкрито.

Аналогічно виконуємо розрахунки автоматів і кабелів для всіх електроприймачів. Результати зводимо до таблиці 28.

Таблиця 11 – Результати вибору автоматичних вимикачів і кабелів для живлення струмоприймачів

№	Найменування груп струмоприймачів	I _p , А	Кабель	I _{доп} >I _{н.р} /1,5		I _{пик} , А	I _{н.р} >1,25I _p		I _{сз} >1,25I _{пик}		Автомат
				I _{доп} , А	I _{н.р} /1,5		I _{н.р} , А	1,25I _p , А	I _{сз} , А	1,25I _{пик} , А	
6, 11	Металорізальні верстати з легким режимом роботи	67	АВВГ 3х25+1х16	88	66,7	334,26	100	83,56	1000	417,82	ВА 88-32 (100 А)
62, 65, 74, 75, 85	Металорізальні верстати з легким режимом роботи	91	АВВГ 3х35+1х16	109	83,3	455,80	125	113,95	1250	569,75	ВА 88-32 (125 А)
51, 72, 86, 92, 93	Металорізальні верстати з легким режимом роботи	182	АВВГ 3х95+1х50	204	166,7	911,61	250	227,90	2500	1139,51	ВА 88-35 (250 А)
98, 99	Металорізальні верстати з важким режимом роботи	18	АВВГ 3х4+1х2,5	29	21,3	87,65	32	21,91	320	109,57	ВА 88-32 (32 А)
67, 68	Металорізальні верстати з важким режимом роботи	51	АВВГ 3х16+1х10	67	53,3	257,12	80	64,28	800	321,40	ВА 88-32 (80 А)
53, 54	Металорізальні верстати з важким режимом роботи	129	АВВГ 3х50+1х25	136	133,3	642,80	200	160,70	2000	803,50	ВА 88-35 (200 А)
29, 55, 58	Металорізальні верстати з важким режимом роботи	140	АВВГ 3х70+1х35	167	133,3	701,24	200	175,31	2000	876,54	ВА 88-35 (200 А)
22, 23	Металорізальні верстати з особливо важким режимом роботи	30	АВВГ 3х6+1х4	37	26,7	151,93	40	37,98	400	189,92	ВА 88-32 (40 А)
5, 24, 27, 34	Металорізальні верстати з особливо важким режимом роботи	70	АВВГ 3х25+1х16	88	66,7	350,62	100	87,65	1000	438,27	ВА 88-32 (100 А)
41, 42, 49, 50, 66, 76, 77, 87, 88	Металорізальні верстати з особливо важким режимом роботи	140	АВВГ 3х70+1х35	167	133,3	701,24	200	175,31	2000	876,54	ВА 88-35 (200 А)
7, 8, 14, 21, 47, 73, 96	Вентилятори, повітрودувки	14	АВВГ 3х4+1х2,5	29	16,7	71,22	25	17,80	250	89,02	ВА 88-32 (25 А)
1, 2, 3, 4, 15	Вентилятори, повітрودувки	25	АВВГ 3х4+1х2,5	29	21,3	123,45	32	30,86	320	154,31	ВА 88-32 (32 А)
97, 109, 110, 111, 112	Вентилятори, повітрودувки	57	АВВГ 3х16+1х10	67	53,3	284,88	80	71,22	800	356,10	ВА 88-32 (80 А)
48, 84, 113, 114, 115	Вентилятори, повітрودувки	104	АВВГ 3х35+1х16	109	106,7	522,27	160	130,57	1600	652,84	ВА 88-35 (160 А)
31, 44, 64, 91, 100, 101	Відцентрові насоси, компресори	25	АВВГ 3х4+1х2,5	29	21,3	123,45	32	30,86	320	154,31	ВА 88-32 (32 А)
16, 25, 26, 39, 40, 61	Відцентрові насоси, компресори	57	АВВГ 3х16+1х10	67	53,3	170,93	80	71,22	800	213,66	ВА 88-32 (80 А)
63, 78, 89, 90, 102	Електротермічне устаткування	51	АВВГ 3х16+1х10	67	53,3	151,93	80	63,31	800	189,92	ВА 88-32 (80 А)
17, 18, 28, 52	Електротермічне устаткування	93	АВВГ 3х35+1х16	109	83,3	278,55	125	116,06	1250	348,18	ВА 88-32 (125 А)
13, 30, 38, 43, 57	Електротермічне устаткування	152	АВВГ 3х70+1х35	167	133,3	455,80	200	189,92	2000	569,75	ВА 88-35 (200 А)
19, 37, 56	Мостові крани	45	АВВГ 3х10+1х6	50	42,0	133,76	63	55,73	630	167,20	ВА 88-32 (63 А)
10, 60	Мостові крани	78	АВВГ 3х25+1х16	88	66,7	233,50	100	97,29	1000	291,88	ВА 88-32 (100 А)
83	Мостові крани	96	АВВГ 3х35+1х16	109	83,3	480,46	125	120,11	1250	600,57	ВА 88-32 (125 А)

79, 108	Мостові крани	138	АВВГ 3х70+1х35	167	133,3	691,86	200	172,97	2000	864,83	ВА 88-35 (200 А)
9, 36, 106, 107	Підвісні крани	18	АВВГ 3х4+1х2,5	29	21,3	90,33	32	22,58	320	112,91	ВА 88-32 (32 А)
	Освітлення	1	АВВГ 3х4+1х2,5	29	16,7	2,64	25	0,66	250	3,30	ВА 88-32 (25 А)
20, 32, 45, 46, 71, 94, 105	Зварювальні трансформатори ручного зварювання	27	АВВГ 2х4	34	26,7	134,29	40	33,57	400	167,87	ВА 88-32 (40 А)
33	Зварювальні трансформатори ручного зварювання	39	АВВГ 2х6	43	33,3	117,59	50	49,00	500	146,99	ВА 88-32 (50 А)
70, 81, 95, 104	Зварювальні трансформатори ручного зварювання	86	АВВГ 2х25	103	83,3	257,84	125	107,43	1250	322,30	ВА 88-32 (125 А)
35, 59	Зварювальні трансформатори автоматичного зварювання	31	АВВГ 2х4	34	26,7	91,80	40	38,25	400	114,75	ВА 88-32 (40 А)
12, 69, 80, 82, 103	Зварювальні трансформатори автоматичного зварювання	78	АВВГ 2х25	103	66,7	233,02	100	97,09	1000	291,28	ВА 88-32 (100 А)

2.11 Розрахунок тролейних ліній

Приведемо розрахунок, на прикладі мостового крану №108.

Перетин тролейних ліній для живлення мостових кранів вибирається по розрахунковому струму навантаження і перевіряється по допустимій втраті напруги за піковим струмом.

Приймаємо тролєї, виконані з алюмінію типу ШМТ-А 250, прокладені в одній площині, при відстані між ними $a = 60$ мм. Допустимий струм складає $I_{дон} = 250$ А, що більше ніж $I_m = 109$ А. Довжина тролєїв 48 м.

Перевіряємо тролейні лінії на втрату напруги при проходженні по ним пікового струму за формулою:

$$\Delta U = \frac{\Delta e}{100} \cdot \frac{I_{пик}}{I_{тр}} \cdot l_{тр} \cdot \frac{100}{U_{ном}}, \%$$

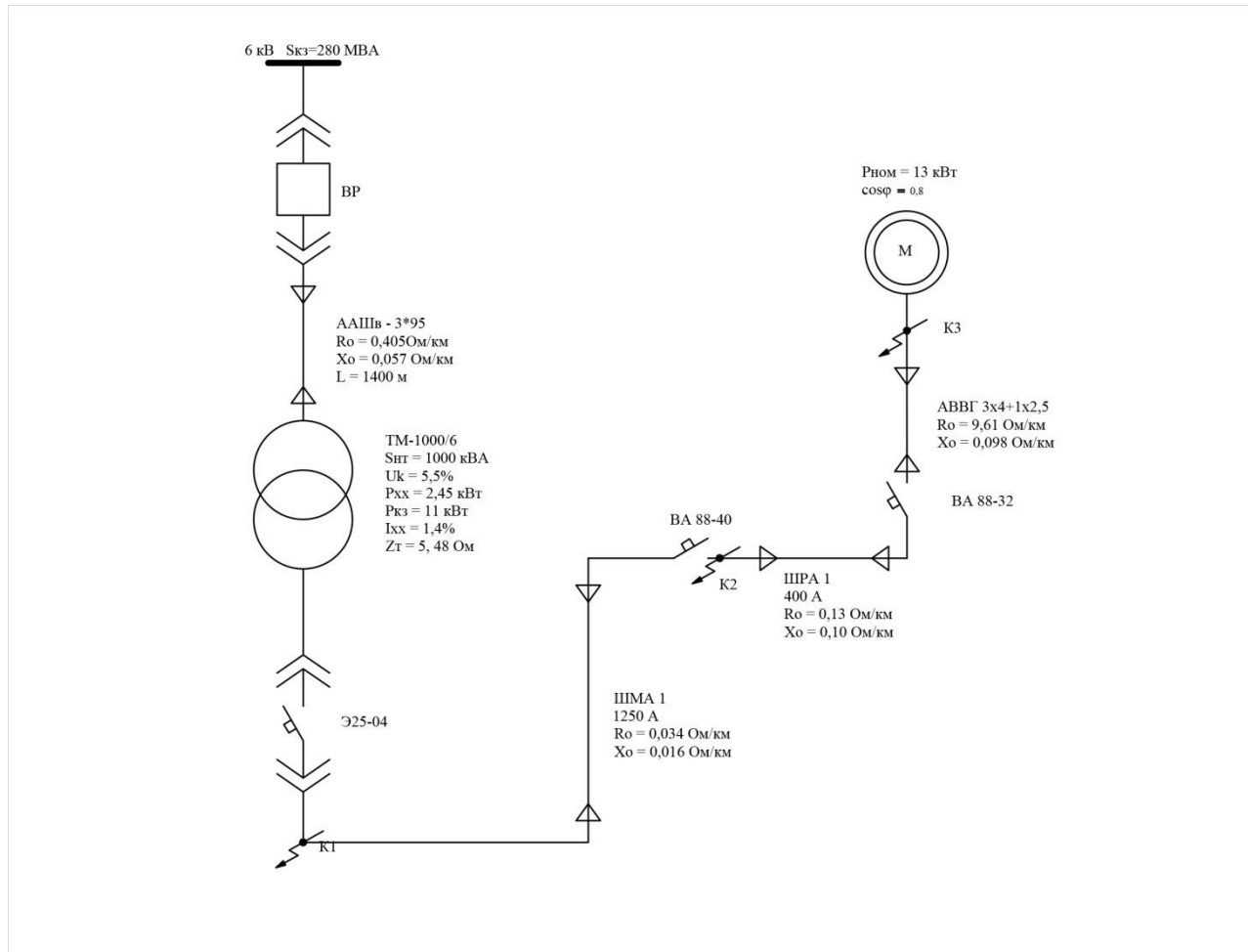
де Δe - питома втрата напруги, при протіканні струму номінального значення, В/100м.;

$l_{тр}$ - довжина тролєїв в один кінець від точки прикладення живлення, км;

$$\Delta U = \frac{12,7}{100} \cdot \frac{692}{250} \cdot \frac{48}{2} \cdot \frac{100}{380} = 2,22 \% - \text{задовольняє, бо менше } 10\%.$$

2.12 Розрахунок струмів КЗ

Розрахунок струмів короткого замикання виконуємо для найбільш електрично віддаленого ЕП №1 – вентилятор з $P_{ном} = 13$ кВт. Розрахункова схема зображена на рисунку 5.



Розрахункова схема визначення струмів КЗ

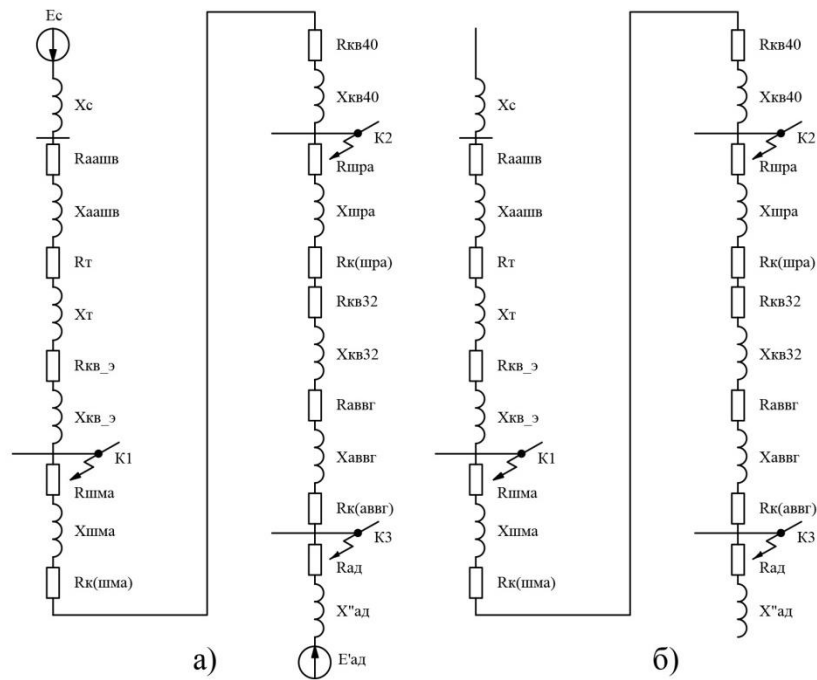
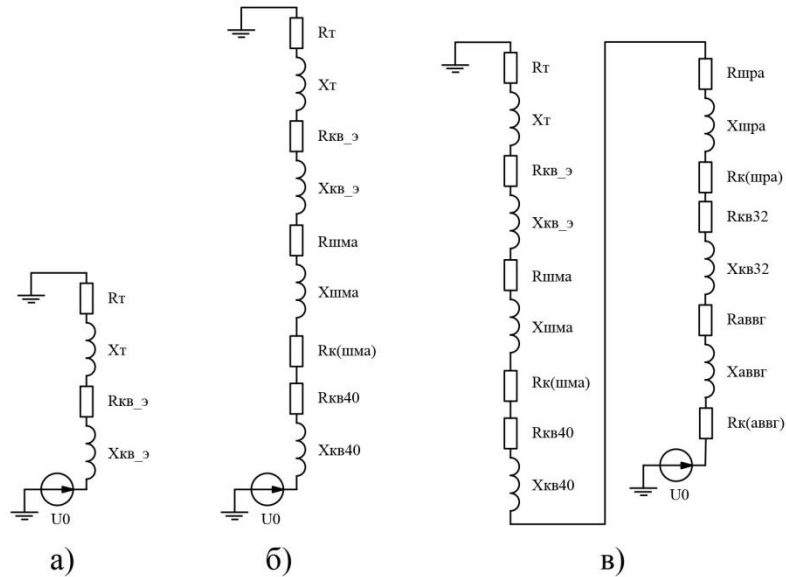


Схема заміщення для прямої (а) та зворотної послідовності (б)



Схеми заміщення нульової послідовності для: а) точки К1, б) точки К2, в) точки К3

Розрахунок параметрів схеми заміщення для прямої послідовності

Опір системи приведений до напруги 0,4 кВ:

$$X_c = \frac{U_n^2}{S_k} \cdot 10^{-3} = \frac{400^2}{280 \cdot 1000} = 0,57 \text{ мОм}$$

Опір постачальної кабельної лінії, приведений до напруги 0,4 кВ:

$$R_{aашв} = r_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_{cp.осн}^2}{U_{cp.i}^2} \right) \cdot 10^3 = 0,405 \cdot 1,4 \cdot \left(\frac{0,4^2}{6,3^2} \right) \cdot 10^3 = 2,29 \text{ мОм}$$

$$X_{aашв} = x_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_{cp.осн}^2}{U_{cp.i}^2} \right) \cdot 10^3 = 0,057 \cdot 1,4 \cdot \left(\frac{0,4^2}{6,3^2} \right) \cdot 10^3 = 0,32 \text{ мОм}$$

Опір трансформатора, приведений до напруги 0,4 кВ:

$$R_{T1} = \frac{P_K \cdot U_{HH}^2}{S_T^2} \cdot 10^6 = \frac{11 \cdot 0,4^2}{1000^2} \cdot 10^6 = 1,76 \text{ мОм}$$

$$X_{T1} = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 \cdot P_K}{S_T} \right)^2} \cdot \frac{U_{HH}^2}{S_T} \cdot 10^4 = 8,62 \text{ мОм}$$

Опір магістрального шинопроводу:

$$R_{шМА1} = r_1 \cdot L = 0,034 \cdot 30 = 1,02 \text{ мОм}$$

$$X_{шМА1} = x_1 \cdot L = 0,016 \cdot 30 = 0,48 \text{ мОм}$$

Опір розподільного шинопроводу:

$$R_{шРА1} = r_1 \cdot L = 0,13 \cdot 90 = 11,7 \text{ мОм}$$

$$X_{шРА1} = x_1 \cdot L = 0,10 \cdot 90 = 9 \text{ мОм}$$

Опір кабелю:

$$R_{АВВГ1} = r_1 \cdot L = 9,61 \cdot 4 = 38,44 \text{ мОм}$$

$$X_{АВВГ1} = x_1 \cdot L = 0,098 \cdot 4 = 0,39 \text{ мОм}$$

Опір болтових контактних з'єднань магістрального шинопроводу:

$$R_{K(шМА)} = n \cdot r = 4 \cdot 0,003 = 0,012 \text{ мОм}$$

Опір болтових контактних з'єднань розподільного шинопроводу:

$$R_{K(шРА)} = n \cdot r = 4 \cdot 0,006 = 0,024 \text{ мОм}$$

Опір контактних з'єднань кабелю:

$$R_{K(АВВГ)} = 0,085 \text{ мОм}$$

Автоматичний вимикач «Електрон»:

$$R_{KB(\vartheta)} = 0,13 \text{ мОм}$$

$$X_{KB(\vartheta)} = 0,07 \text{ мОм}$$

Автоматичний вимикач ВА 88-40:

$$R_{KB40} = 0,65 \text{ мОм}$$

$$X_{KB40} = 0,17 \text{ мОм}$$

Автоматичний вимикач ВА 88-32:

$$R_{KB32} = 5 \text{ мОм}$$

$$X_{KB32} = 3 \text{ мОм}$$

Активний опір дуги при трифазному КЗ для точки К1:

$$r_{Д1} = 6 \text{ мОм}$$

Активний опір дуги при трифазному КЗ для точки К2:

$$r_{Д2} = 19 \text{ мОм}$$

Активний опір дуги при трифазному КЗ для точки К3:

$$r_{Д3} = 47 \text{ мОм}$$

Активний опір дуги при однофазному КЗ для точки К1:

$$r_{Д11} = 6 \text{ мОм}$$

Активний опір дуги при однофазному КЗ для точки К2:

$$r_{Д21} = 29 \text{ мОм}$$

Активний опір дуги при однофазному КЗ для точки К3:

$$r_{Д31} = 57 \text{ мОм}$$

Для нульової послідовності

Опір трансформатора:

$$R_{T0} = 19,1 \text{ мОм}$$

$$X_{T0} = 60,6 \text{ мОм}$$

Опір магістрального шинопроводу:

$$R_{ШМА0} = r_0 \cdot L = 0,054 \cdot 30 = 1,62 \text{ мОм}$$

$$X_{\text{шМА0}} = x_0 \cdot L = 0,053 \cdot 30 = 1,59 \text{ мОм}$$

Опір розподільного шинопроводу:

$$R_{\text{шРА0}} = r_0 \cdot L = 0,162 \cdot 90 = 14,58 \text{ мОм}$$

$$X_{\text{шРА0}} = x_0 \cdot L = 0,164 \cdot 90 = 14,76 \text{ мОм}$$

Опір кабелю:

$$R_{\text{АВВГ0}} = r_0 \cdot L = 11,71 \cdot 4 = 46,84 \text{ мОм}$$

$$X_{\text{АВВГ0}} = x_0 \cdot L = 2,11 \cdot 4 = 8,44 \text{ мОм}$$

Розрахунок струмів трифазного КЗ

Точка К1:

$$R_{1\Sigma} = R_{\text{аавв}} + R_{T1} + R_{\text{КВ(Э)}} = 4,18 \text{ мОм}$$

$$X_{1\Sigma} = X_c + X_{\text{аавв}} + X_{T1} + X_{\text{КВ(Э)}} = 9,59 \text{ мОм}$$

$$R_{1\Sigma}^1 = R_{1\Sigma} + r_{\text{Д1}} = 4,18 + 6 = 10,18 \text{ мОм}$$

$$I_{\text{П0MAX}} = \frac{U_{\text{срНН}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{4,18^2 + 9,59^2}} = 22,09 \text{ кА}$$

$$I_{\text{П0MIN}} = \frac{U_{\text{срНН}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^1^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10,18^2 + 9,59^2}} = 16,52 \text{ кА}$$

Точка К2:

$$R_{1\Sigma} = R_{\text{аавв}} + R_{T1} + R_{\text{КВ(Э)}} + R_{\text{шМА1}} + R_{\text{К(шМА)}} = 5,21 \text{ мОм}$$

$$X_{1\Sigma} = X_c + X_{\text{аавв}} + X_{T1} + X_{\text{КВ(Э)}} + X_{\text{шМА1}} = 10,07 \text{ мОм}$$

$$R_{1\Sigma}^1 = R_{1\Sigma} + r_{\text{Д1}} = 5,21 + 19 = 24,21 \text{ мОм}$$

$$I_{\text{П0MAX}} = \frac{U_{\text{срНН}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{5,21^2 + 10,07^2}} = 20,38 \text{ кА}$$

$$I_{\text{П0MIN}} = \frac{U_{\text{срНН}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^1^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{24,21^2 + 10,07^2}} = 8,81 \text{ кА}$$

Точка К3:

$$R_{1\Sigma} = R_{aaw6} + R_{T1} + R_{KB(\Sigma)} + R_{ШМА1} + R_{K(ШМА)} + R_{KB40} + R_{ШПА} + R_{K(ШПА)} + R_{KB32} + R_{a662} + R_{Ka662}$$

$$R_{1\Sigma} = 61,11 \text{ мОм}$$

$$X_{1\Sigma} = X_C + X_{aaw6} + X_{T1} + X_{KB(\Sigma)} + X_{ШМА1} + X_{ШПА1} + X_{KB40} + X_{KB32} + X_{a662} = 22,63 \text{ мОм}$$

$$R_{1\Sigma}^1 = R_{1\Sigma} + r_{Д1} = 61,11 + 47 = 108,11 \text{ мОм}$$

$$I_{П0MAX} = \frac{U_{cpHH}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{61,11^2 + 22,63^2}} = 3,54 \text{ кА}$$

$$I_{П0MIN} = \frac{U_{cpHH}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^1^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{108,11^2 + 22,63^2}} = 2,09 \text{ кА}$$

Розрахунок струмів двохфазного КЗ

Точка К1:

$$R_{1\Sigma} = R_{aaw6} + R_{T1} + R_{KB(\Sigma)} = 4,18 \text{ мОм}$$

$$X_{1\Sigma} = X_C + X_{aaw6} + X_{T1} + X_{KB(\Sigma)} = 9,59 \text{ мОм}$$

$$R_{1\Sigma}^1 = R_{1\Sigma} + \frac{r_{Д1}}{2} = 4,18 + \frac{6}{2} = 7,18 \text{ мОм}$$

$$I^{(2)}_{П0MAX} = \frac{U_{cpHH}}{2 \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{4,18^2 + 9,59^2}} = 19,13 \text{ кА}$$

$$I^{(2)}_{П0MIN} = \frac{U_{cpHH}}{2 \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^1^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{7,18^2 + 9,59^2}} = 16,70 \text{ кА}$$

Точка К2:

$$R_{1\Sigma} = R_{aaw6} + R_{T1} + R_{KB(\Sigma)} + R_{ШМА1} + R_{K(ШМА)} = 5,21 \text{ мОм}$$

$$X_{1\Sigma} = X_C + X_{aaw6} + X_{T1} + X_{KB(\Sigma)} + X_{ШМА1} = 10,07 \text{ мОм}$$

$$R_{1\Sigma}^1 = R_{1\Sigma} + \frac{r_{Д1}}{2} = 5,21 + \frac{19}{2} = 14,71 \text{ мОм}$$

$$I^{(2)}_{П0MAX} = \frac{U_{cpHH}}{2 \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{5,21^2 + 10,07^2}} = 17,65 \text{ кА}$$

$$I^{(2)}_{\Pi 0 \text{ MIN}} = \frac{U_{\text{срНН}}}{2 \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{14,71^2 + 10,07^2}} = 11,22 \text{ кА}$$

Точка К3:

$$R_{1\Sigma} = R_{\text{ааиі}} + R_{T1} + R_{KB(\Sigma)} + R_{\text{ШМА1}} + R_{K(\text{ШМА})} + R_{KB40} + R_{\text{ШРА}} + R_{K(\text{ШРА})} + R_{KB32} + R_{\text{аііі}} + R_{\text{Каііі}}$$

$$R_{1\Sigma} = 61,11 \text{ МОм}$$

$$X_{1\Sigma} = X_c + X_{\text{ааиі}} + X_{T1} + X_{KB(\Sigma)} + X_{\text{ШМА1}} + X_{KB40} + X_{\text{ШРА1}} + X_{KB32} + X_{\text{аііі}} = 22,63 \text{ МОм}$$

$$R_{1\Sigma}^1 = R_{1\Sigma} + \frac{r_{\text{Д1}}}{2} = 61,11 + \frac{47}{2} = 84,61 \text{ МОм}$$

$$I^{(2)}_{\Pi 0 \text{ MAX}} = \frac{U_{\text{срНН}}}{2 \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{61,11^2 + 22,63^2}} = 3,07 \text{ кА}$$

$$I^{(2)}_{\Pi 0 \text{ MIN}} = \frac{U_{\text{срНН}}}{2 \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{84,61^2 + 22,63^2}} = 2,28 \text{ кА}$$

Розрахунок струмів однофазного КЗ

Точка К1:

$$R_{0\Sigma} = R_{0T} + R_{KB(\Sigma)} = 19,1 + 0,13 = 19,23 \text{ МОм}$$

$$X_{0\Sigma} = X_{0T} + X_{KB(\Sigma)} = 60,6 + 0,07 = 60,67 \text{ МОм}$$

$$R_{0\Sigma}^1 = R_{0\Sigma} + r_{\text{Д1}} = 19,23 + 6 = 25,23 \text{ МОм}$$

$$I^{(1)}_{\Pi 0 \text{ MAX}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{срНН}}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}} = 8,20 \text{ кА}$$

$$I^{(1)}_{\Pi 0 \text{ MIN}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{срНН}}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma}^1)^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}} = 7,54 \text{ кА}$$

Точка К2:

для магістрального шинопроводу:

$$R_{0\text{ШМА}} = R_{1\text{ШМА}} + 3 \cdot R_{0\text{ШМА}}$$

$$X_{0\text{ШМА}} = X_{1\text{ШМА}} + 3 \cdot X_{0\text{ШМА}}$$

$$R_{0\Sigma} = R_{0T} + R_{KB(\Sigma)} + R_{0\text{ШМА}} + R_{K(\text{ШМА})} + R_{KB40} = 25,77 \text{ МОм}$$

$$X_{0\Sigma} = X_{0T} + X_{KB(\Sigma)} + X_{0ШМА} + X_{KB40} = 66,09 \text{ мОм}$$

$$R_{0\Sigma}^1 = R_{0\Sigma} + r_{Д1} = 25,77 + 29 = 54,77 \text{ мОм}$$

$$I_{ПОМАХ}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{срНН}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}} = 7,41 \text{ кА}$$

$$I_{ПОМИН}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{срНН}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma}^1 + R_{0\Sigma}^1)^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}} = 5,15 \text{ кА}$$

Точка КЗ:

для магiстрального шинопроводу:

$$R_{0ШМА} = R_{1ШМА} + 3 \cdot R_{0ШМА}$$

$$X_{0ШМА} = X_{1ШМА} + 3 \cdot X_{0ШМА}$$

для розподільного шинопроводу:

$$R_{0ШРА} = R_{1ШРА} + 3 \cdot R_{0ШРА}$$

$$X_{0ШРА} = X_{1ШРА} + 3 \cdot X_{0ШРА}$$

$$R_{0\Sigma} = R_{0T} + R_{KB(\Sigma)} + R_{0ШМА} + R_{K(ШМА)} + R_{KB40} + R_{0ШРА} + R_{K(ШРА)} + R_{KB32} + R_{а662} + R_{K(а662)}$$

$$R_{0\Sigma} = 133,16 \text{ мОм}$$

$$X_{0\Sigma} = X_{0T} + X_{KB(\Sigma)} + X_{0ШМА} + X_{KB40} + X_{0ШРА} + X_{KB32} + X_{а662} = 130,81 \text{ мОм}$$

$$R_{0\Sigma}^1 = R_{0\Sigma} + r_{Д1} = 133,16 + 55 = 188,16 \text{ мОм}$$

$$I_{ПОМАХ}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{срНН}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}} = 2,23 \text{ кА}$$

$$I_{ПОМИН}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{срНН}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma}^1 + R_{0\Sigma}^1)^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}} = 1,57 \text{ кА}$$

Таблица 13 – Результаты расчетов стрuмiв КЗ

	Без дуги			З дугою		
Точка КЗ	К1	К2	К3	К1	К2	К3
Трифазний, кА	22,09	20,38	3,54	16,52	8,81	2,09

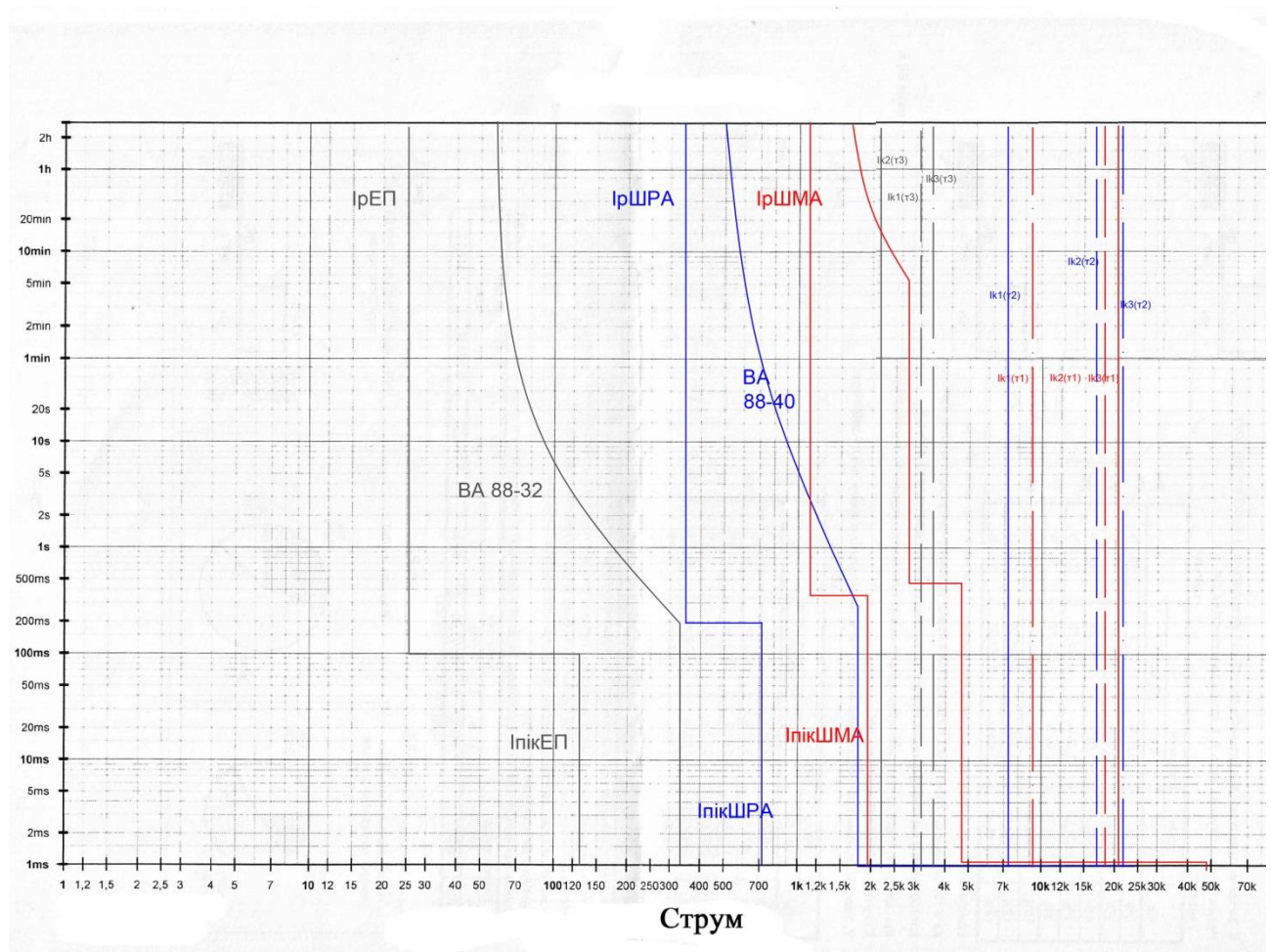
Двофазний, кА	19,13	17,65	3,07	16,70	11,22	2,28
Однофазний, кА	8,20	7,41	2,23	7,54	5,15	1,57

2.13 Карта селективності

За результатами розрахунків захисної апаратури СЕП і струмів короткого замикання будується карта селективності захисту.

Для забезпечення селективності дії послідовно встановлених автоматичних вимикачів їх захисні характеристики на карті не повинні перетинатися.

На рисунку 8 зображено карту селективності.



Перевірка селективності спрацьовування захисту:

$$K_3 = \frac{I_{K3}^{(1)}}{I_{HP}} = 14,7 > 3 \text{ - умова виконується;}$$

$$K_2 = \frac{I_{K2}^{(1)}}{I_{HP}} = 50,9 > 3 \text{ - умова виконується;}$$

$$K_1 = \frac{I_{K1}^{(1)}}{I_{HP}} = 110,6 > 3 \text{ - умова виконується.}$$

Захисні апарати вибрані правильно.

2.14 Техніко-економічний аналіз підприємства

Економічна частина

Вступ

В даному розділі з охорони праці розглядається робота в промисловому цеху виробництва. Механічний цех - найважливіша ланка в структурі заводу. У ньому виконується станочна обробка нових деталей для ремонтіваних на заводі вузлів, а також для відправки на інші підприємства в порядку кооперованих поставок. Механічний цех тісно пов'язаний перш за все з ковальським і ливарним цехами, які забезпечують його заготовками. Частина деталей в цеху обробляється з прокатних матеріалів, одержуваних зі складу.

Організація предметних ділянок і поточних ліній дозволяє спеціалізувати устаткування на виконанні однорідних операцій, зменшити заділи, скоротити виробничі цикли, спростити управління виробництвом.

Ділянки механічного цеху оснащують високопродуктивними металорізальними верстатами: токарськими, фрезерними, стругальними, свердлильними, довбальні. Розрахунок потреби верстатів виконується одним з двох способів:

- * За технологічним процесом (детальний метод);
- * По техніко-економічними показниками (укрупнений метод).

Підприємство являє собою самостійний господарський суб'єкт, метою якого виступає задоволення суспільних потреб і отримання прибутку. Підприємство є одною з основних ланок ринкової економіки. Підприємство є основним виробником товарів і послуг, основним суб'єктом ринку, який набирає різні господарські відносини з іншими суб'єктами. Тому економіка підприємства, як система знань і методів управління господарською діяльністю підприємства, займає важливе місце в організації виробництва і розподілу благ в умовах будь-якої економічної системи.

В цьому розділі я буду розглядати цех з виробництва розподільних пристроїв (РП, РТП і КТП) з точки зору економічної раціональності.

2.14.1 Розрахунок капітальних інвестицій

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Витрати на монтажні (Z_m) та на налагоджувальні роботи (Z_n) визначимо наступним чином:

$$Z_{m(n)} = \sum (C_i \times a_i \times t_i) \times K_d \times K_{cm} \times K_{np} \quad (1.1)$$

$$Z_{m(n)} = \sum (7 \times 217 \times 5) \times 0,05 \times 0,05 \times 0,1 = 1898,75 \text{ грн}$$

де C_i – чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чел.

a_i – годинна тарифна ставка працівника i -го розряду, грн.

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{cm} – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

K_{np} – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Таким чином, капітальні інвестиції на здійснення проектного варіанта складають:

$$K_{\Pi} = K_{об} + K_{тзс} + K_{м(н)}, \quad (1.2)$$

$$K_{\Pi} = 117327 + 11243 + 10787 = 139\,357 \text{ грн}$$

де $K_{об}$ – вартість устаткування за зведенням витрат (без ПДВ), тис. грн.;

$K_{тзс}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати, тис. грн.;

$K_{м(н)}$ – витрати на монтаж і налагодження устаткування, тис. грн.

Витрати на придбання технічних засобів наведемо нижче у таблиці.

Зведення капітальних інвестицій, тис. грн.

№ п/п	Найменування технічних засобів (обладнання)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Первісна вартість (сума), грн.
1	Електрообладнання			
1.1	Металорізальні верстати з важким режимом роботи	28	27000	756000
1.2	Металорізальні верстати з особливо важким режимом роботи	32	31000	992000
1.3	Вентилятори, повітродувки	3	1200	3600

1.4	Відцентрові насоси, компресори	2	3100	6200
1.5	Електротермічне устаткування	4	7500	30000
1.6	Мостові крани	1	31400	31400
1.7	Підвісні крани	1	24000	24000
1.8	Освітлення	75	300	22500
1.9	Зварювальні трансформатори ручного зварювання	1	5000	5000
1.10	Зварювальні трансформатори автоматичного зварювання	1	7400	7400
	УСЬОГО			1878100

2.14.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за визначений період (наприклад, рік), що виражені у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню та енергомережам відносяться:

1. Амортизаційні відрахування (C_a).
2. Заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_z).
3. Єдиний соціальний внесок (C_c).

4. Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж ($C_{\text{пр}}$).

5. Вартість втрат електроенергії (C_e).

6. Інші витрати ($C_{\text{ін}}$).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складають:

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_{\text{пр}} + C_e + C_{\text{ін}}, \text{ грн.}$$

$$C = 375\,620 + 19\,804\,160 + 4\,356\,915,20 + 187\,810 + 168\,000 + 792\,166,40 = \\ 25\,684\,671,60 \text{ грн.}$$

2.14.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань

У виробничому процесі основні фонди зношуються, тобто втрачають свої техніко-економічні властивості. Відшкодування зносу основних фондів відбувається за допомогою амортизаційних відрахувань. Норми амортизації встановлюються централізовано з урахуванням фізичного і морального зносу основних фондів.

Амортизаційні відрахування робить кожне підприємство для відшкодування вартості зношеної частини основних фондів, тобто встановлює певну грошову компенсацію відповідно до розмірів фізичного спрацювання й техніко-економічного старіння. Ці відрахування включають до собівартості продукції, реалізують за продажу товарів, а потім накопичують у спеціальному амортизаційному фонді, що служить відновленню основних фондів.

Амортизаційні відрахування обчислюють за певними нормами, які характеризують щорічний розмір відрахувань у відсотках до балансової вартості основних фондів.

За встановлення норм амортизаційних відрахувань слід виходити з економічно доцільних середніх строків функціонування засобів праці, необхідності забезпечення повного відшкодування вартості основних фондів і врахування техніко-економічного їхнього старіння.

Основні засоби є необоротними матеріальними активами. Підприємство визначило, що до основних засобів належать матеріальні цінності вартість яких перевищує 6000 гривень і поступово зменшується у зв'язку з фізичним або моральним зносом та очікуваний строк корисного використання (експлуатації) яких з дати введення в експлуатацію становить понад один рік (або операційний цикл, якщо він довший за рік). Матеріальні цінності меншої вартості відносяться до малоцінних необоротних матеріальних активів.

Амортизація об'єкта основних засобів в механічному цеху нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається підприємством самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання.

Нарахування амортизації починається з першого числа місяця, наступного за місяцем, в якому об'єкт основних засобів і нематеріальних активів став придатним для корисного використання, і припиняється, починаючи з першого числа місяця, наступного за місяцем вибуття об'єкта основних засобів і нематеріальних активів.

Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод амортизації, при якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на строк корисного використання об'єкта основних засобів. Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості.

Мінімально допустимі терміни корисного використання за окремими групами
основних засобів

Групи	Мінімально допустимі терміни корисного використання, років
група 3 – будівлі;	20
– споруди;	15
– передавальні пристрої	10
група 4 – машини і обладнання;	5
– електронно-обчислювальні машини, інші машини для автоматичної обробки інформації, пов'язані з ними засоби зчитування або друку інформації, комп'ютерні програми, інформаційні системи і т. д.	2
група 5 – транспортні засоби	5
група 6 – інструменти, прилади, інвентар (меблі)	4

$$\Phi_a = \Phi_n - Л,$$

де Φ_n – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

$Л$ – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

Якщо визначити очікувану ліквідаційну вартість об'єкта основних засобів складно, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється вважати її рівною нулю.

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$Ha = \frac{\Phi_{\Pi} - Л}{\Phi_{\Pi} \cdot T_{\Pi}} \cdot 100, \%$$

$$= (1878100-0)/(1878100 \cdot 5) \cdot 100 = 20\%$$

де T_{Π} – термін корисного використання (амортизаційний період).

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

$$АО = \frac{\Phi_{\Pi} \cdot Ha}{100} \quad \text{або} \quad АО = \frac{\Phi_{\Pi} - \Phi_{Л}}{T_{\Pi}},$$

$$=(1878100 \cdot 20\%)/100=375620$$

№ п/п	Найменування	Капітальні інвестиції, тис. грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, тис. грн.
1	Електрообладнання	1878,1	20	375,62
2	Електроконструкції			
3	Транспортні витрати			
4	Інше			
	УСЬОГО:	1878,1		375,62

2.14.4 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється по категоріях персоналу (робітники, ІТП, керівники), що обслуговує об'єкт проектування, відповідно до їхньої чисельності, режиму роботи, за погодинними тарифними ставками, посадовими окладами, формами і системами оплати праці і преміювання, що застосовують на підприємстві.

Основна заробітна плата працівників – це винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, виробітку, обслуговування, посадові обов'язки). Вона визначається тарифними ставками і відрядними розцінками, посадовими окладами для спеціалістів, службовців і керівників.

При визначенні основної заробітної плати робітників (за відрядною або погодинною формами оплати) необхідно знати погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду та розрахувати номінальний річний фонд робочого часу робітника.

Номінальний річний фонд робочого часу одного робітника F_n визначаємо відповідно до режиму його роботи (кількістю робочих днів і тривалістю зміни):

$$F_n = (D_k - D_{св} - D_{вих}) \cdot T_{зм}, \text{ годин,} \\ = (365 - 11 - 98) \cdot 8 = 2048, \text{ годин,}$$

де D_k , $D_{св}$, $D_{вих}$ – кількість календарних, святкових і вихідних днів у році відповідно;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, годин.

Визначення складу та чисельності працівників цеху

Кількість виробничих робітників, які працюють на верстатах для механічного цеху, визначається шляхом розрахунку по трудомісткості устаткування деталей або ж по кількості верстатів.

Кількість металорізальних верстатів по показнику верстатоемкості (трудоємкості) обробки однієї тонни деталей:

$$N_p = (K_{куз} Q_{куз} H_{пок} + K_{л} Q_{л} H_{л} + Q_{пр} H_{пр}) / F_{об},$$

де N_p - розрахункова кількість станків механічного цеху;

$K_{куз}$ - коефіцієнт, що враховує вагову долю поковок, які прямують цехом в механічний для верстатної обробки, 0,53-0,55;

$Q_{куз}$ - загальна річна вага виробів, які вироблялися механічним цехом, 11213,73;

$N_{\text{пок}}$ - трудомісткість обробки однієї тонни ковальських виробів, приймають - 26 верстат*год;

$K_{\text{л}}$ - коефіцієнт враховує вагову долю відливів, що направляються ливарним цехом в механічний для верстатної обробки, 0,2-0,26 ;

$Q_{\text{л}}$ - загальна річна вага придатного литва, литва, що випускається цехом, 5491,6т;

$N_{\text{л}}$ - трудомісткість верстатної обробки однієї тонни відливів, складає 22 верстат*год;

$Q_{\text{пр}}$ - загальна вага матеріалу, який поступає в механічний цех із складу, для виготовлення різних дрібних деталей, 448,55т;

$N_{\text{пр}}$ - трудомісткість обробки однієї тонни металу, приймаю 85-90 верстат*год

$F_{\text{об}}$ - дійсний річний фонд часу роботи верстата, рівний 3847,68 годин.

$$N_p = (0,54 \cdot 11213,73 \cdot 26 + 0,25 \cdot 5491,6 \cdot 22 + 448,55 \cdot 90) / 3847,68 = (157440,77 + 30203,8 + 40369,5) / 3847,68 = 59,26 \text{ верстатів.}$$

Приймаю $N_{\text{пр}} = 60$ верстатів.

При цьому коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_3 = N_p / N_{\text{пр}}$$

$$K_3 = 59,26 / 60 = 0,937$$

Число робітників вибирається по кількості верстатів, прийнятих в проекті і розраховується по формулі:

$$P_{\text{ст}} = F_{\text{об}} \cdot N_{\text{гр}} \cdot K_3 / F_{\text{роб}} \cdot K_{\text{м}},$$

де $F_{\text{об}}$ - річний фонд часу роботи верстата при прийнятому режимі роботи;

$F_{\text{роб}}$ - дійсний фонд часу робітника, $F_{\text{роб}} = 2018$ год.

$N_{\text{пр}}$ - кількість прийнятого в проекті виробничого устаткування;

K_3 - коефіцієнт завантаження устаткування, прийнятий при розрахунку кількості верстатів;

$K_{\text{м}}$ - коефіцієнт багатостанковості - число станків обслугованих одним робітником,

$$P_{\text{ст}} = 2048 \cdot 60 \cdot 0,937 / 2018 \cdot 1,2 = 68,4 \text{ чол.}$$

Приймаю $P_{ст.}=68$ чол.

Число слюсарів і розмітників приймається рівним: 3-5% від кількості працівників, які працюють на верстатах.

Визначаю кількість додаткових робітників, що складає 18-25 від кількості виробничих робітників. Результати заносимо в таблицю.

Число операторів для змінно-потоківих і автоматичних ліній визначається з умови: 2 оператора на одну лінію і один наладчик на 2-8 одиниць обладнання лінії. Кількість потоківих ліній - 1.

ТАБЛИЦЯ. Співвідношення категорій і кількості працівників

Категорія робітника	Відсоткове співвідношення, %	Розрахункові значення	Прийняті значення	
Слюсарі, розмітчики	5	3,4	3	
Оператори	-	2	2	
Додаткові робітники	20	13,6	14	
Інженерно-технічні робітники	10	6,8	7	
Рахунково-конторський персонал	5	3,4	3	
Молодший обслуговуючий персонал	3	2,04	2	

Всього зайнятих неробочою спеціальністю			12	
--	--	--	----	--

Розрахунок річного фонду основної заробітної плати
обслуговуючого персоналу

№ п/ п	Найменування професії робітників	Явочний штат у зміні, осіб	Списковий склад з урахуванням змінності роботи, осіб	Годинна тарифна ставка або денна заробітна плата, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Усього основна зарплата, грн.
1	Працівники, які працюють на верстатах	68	68	100	2048	13 926 400
2	Слюсарі, розмітчики	3	3	80	2048	491 520
3	Оператори	2	2	120	2048	491 520
4	Додаткові робітники	14	14	50	2048	1 433 600
5	Інженерно-технічні робітники	7	7	110	2048	1 576 960
6	Рахунково-конторський персонал	3	3	120	2048	737 280
7	Молодший обслугову	2	2	30	2048	122 880

	ючий персонал					
8	Допоміжні робітники	20	20	25	2048	1 024 000
	УСЬОГО	99	99	-	-	19 804 160

2.14.5 Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок визначаємо на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати на 2018 рік – 22% від річного фонду основної заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$19\,804\,160 \cdot 22\% = 4\,356\,915,20 \text{ грн.}$$

2.14.6 Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж

Кошторис – це фінансовий документ, в якому вказані всі витрати пов’язані з придбанням і монтажем встановленого електрообладнання. Для складання кошторису використовують специфікації і сучасному кошторисно - нормативну документацію, ДБН України збірник 8 “Електротехнічні установки” (державні будівельні норми України), прайслисти.

Порядок розробки кошторису виробництва може бути різним залежно від стадії планування, стану інформаційної бази та розміру підприємства. На стадії прогнозних оцінок величини витрат кошторис виробництва можна складати коригуванням фактичних витрат за минулий період. Елементи фактичних витрат коригуються на прогнозні коефіцієнти зміни обсягу виробництва, кількості персоналу та вартості основних фондів з урахуванням закономірності динаміки витрат, імовірної зміни норм і цін (тарифів). Більш обґрунтовано кошторис виробництва обчислюється за кожним елементом на підставі

планових обсягів продукції (послуг), норм і цін (тарифів). Причому на малих підприємствах таке обчислення є відразу узагальнюючим. На середніх і великих підприємствах кошторис виробництва складають, підсумовуючи кошториси місць витрат (цехів, служб, загальногосподарських витрат).

В моїй проектній роботі річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного устаткування і мереж включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтникам і визначимо їх укрупнено у відсотках до капітальних капітальних витрат:

- для електроустаткування – 1 %, тобто $1878100 \cdot 1\% = 187810$ грн.

2.14.7 Розрахунок вартості втрат електроенергії

Вартість втрат електроенергії об'єктом проектування протягом року визначаємо за формулою:

$$C_3 = W_p \cdot C_e, \text{ грн.}, = 60000 \cdot 2800 = 168\,000\,000 \text{ грн.},$$

де W_p – річні втрати електроенергії, 60000 кВт·годин;

C_e – тариф на електроенергію, 2800 грн./кВт·годин.

2.14.8 Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати на охорону праці, на спецодяг тощо. Відповідно до практики ці витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу. В нашому випадку ці витрати складуть 792 166,40 грн. ($19\,804\,160 \cdot 4\%$).

2.14.9 Розрахунок розмірів і площ будівлі цеху і його приміщень

Механічний цех розміщують в одному або двох прольотах будівлі (у залежності від об'єму роботи і кількості верстатів) в блоці з ремонтно-механічною і інструментальною ділянками. Таке розміщення дозволяє

скоротити транспортування частин устаткування при ремонті, прискорити процес ремонту і дає можливість краще забезпечувати механічний цех різальним вимірювальним інструментом. Площа механічного цеху по своєму призначенню підрозділяється на виробниче, допоміжне і службове приміщення. Планування виробничої площі ділянки зв'язане, як з кількістю верстатів, так і з дотриманням встановлених проходів між верстатами, проїздом для транспортних засобів, а також з виділенням місць для складських майданчиків. Верстати в цеху розташовані в порядку послідовності виконання операції технологічного процесу.

Допоміжне приміщення включає площа, займана інструментально-роздавальною коморою із заточною ділянкою, коморами заготовок і готових деталей, ділянкою ремонту устаткування.

До побутових і службових приміщень відноситися площа, займана роздягальнями, душовими, технічними і конторськими службами, а так само адміністрацією цеху.

Сума виробничої і допоміжної площ складає загальну площу цеху. При великих розрахунках на один верстат приймаю площу: загальна - 22м^2 , виробнича - 14м^2 . У сучасних конструкціях промислових будівель крок колон для середніх прольотів приймається 12м, а для крайніх - 6 і 12м. Зведемо

Зведемо розрахунок до табличної форми, ґрунтуючись на розрахунку площ основних ділянок і на нормах технологічного проектування заводів для розрахунку додаткових площ.

Табл. 7. Розрахунок площ ділянок цеху.

Найменування ділянки	Вимір-ник	Норма площі на вимірника	Площа розрахункова $S, \text{м}^2$	Ширина $B, \text{м}$	Довжина $L, \text{м}$	Прийнята площа, $S, \text{м}^2$	

Допоміжна площа							
1	Інструментально-роздавальна комора	верстат	0,8	48	6	9	54
2	Ділянка по ремонту устаткування	верстат	1,2	72	6	12	72
3	Комора заготовок	верстат	1,3	78	6	12	72
4	Комора готових деталей	верстат	1,0	60	6	12	72
5	Заточна ділянка	верстат	0.6	36	6	6	36
Виробнича площа	верстат	14	840	18	48	864	
Загальна площа	верстат	22	1320	24	60	1440	

Компановочна схема механічного цеху:

9. Техніко-економічні показники роботи цеху

Техніко-економічні показники розділяються на дві групи:

- абсолютні показники;
- відносні показники.

До абсолютних показників відносяться:

1. Річна виробнича програма у вагонному вираженні: $Q_{\text{заг.}} = 8975,18 \text{ т}$

2. Кількість робочих змін - $M_C = 2$.

3. Площа цеху:

- виробнича $S_{\text{вир}} = 864 \text{ м}^2$

- загальна $S_{\text{заг}} = 1440 \text{ м}^2$.

2.15 Охорона праці на об'єкті

Охорона праці

Вступ

В даному розділі з охорони праці розглядається робота в промисловому цеху з виробництва електричних розподільних пристроїв. Під час роботи в подібному цеху є можливість отримати електричний удар або ж отримати фізичну шкоду під час інших процесів виробництва.

Пожежна профілактика

Горіння є процесом окислення горючої речовини, що супроводжується виділенням тепла і світла. Однак деякі речовини можуть вибухнути і без кисню з утворенням тепла та полум'я, тобто горіння може бути не тільки реакцією окислення, але і розкладання. Водень й деякі метали можуть горіти в атмосфері хлору, мідь – у парах сірки, магній – в двоокисі вуглецю.

Для запобігання початку можливого загорання, особлива увага приділяється пожежній профілактиці.

Пожежна профілактика – це комплекс заходів, спрямованих на попередження пожежі, запобігання розповсюдженню вогню у разі виникнення пожежі й створення умов, сприяючих швидкій ліквідації пожежі, що почалася.

Відповідно до ОНТП 24-86 по пожежній небезпеці виробництва на виробничих об'єктах розділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г і Д. Наша виробнича лабораторія відноситься до категорії Д. Приміщення, в яких знаходяться горючі рідини в системах змащення, охолодження та гідроприводу обладнання, в кількості не більше 60 кг на одиницю обладнання при тиску не більше 0,2 МПа; кабелі до обладнання; меблі на місцях. .

Для запобігання джерел займання треба застосовувати пристрої під час експлуатації у яких не утворюються джерела займання, застосовувати у конструкціях швидкісних засобів захисні відімкнення можливих джерел займання, використовувати для споруд блискавковододів, застосовувати при роботі з легкозаймистими рідинами і горючими газами інструменти, що не іскрять.

На підприємству також знаходиться Система протипожежного захисту – це комплекс заходів та засобів, які направлені на виявлення пожежі, локалізацію пожежі, створення умов для ліквідації пожежі, захист людей і матеріальних цінностей.

Протипожежний захист на підприємстві досягається:

- застосуванням засобів пожежогасіння і відповідних видів пожежної техніки;
- застосуванням автоматичних установок пожежної сигналізації .
- застосуванням будівельних матеріалів з нормованими показниками пожежної небезпеки;
- просочення конструкцій об'єктів антипіренами і нанесенням на їхні поверхні вогнезахисних фарб;
- організацією за допомогою технічних засобів своєчасного оповіщення й евакуації людей;

Навчання та перевірка знань з питань пожежної безпеки проводиться один раз на три роки одночасно з перевіркою знань з питань безпеки життєдіяльності та охорони праці. Відповідальність за пожежну безпеку структурних підрозділів установ несуть їх керівники.

Обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту мають бути відображені у відповідних посадових інструкціях .

Усі працівники, під час прийому на роботу і за місцем праці, проходять інструктажі з пожежної безпеки. Організація своєчасного проведення навчання, інструктажів та перевірки знань покладається на керівника установи, а в структурному підрозділі – на його керівника. Допуск до роботи осіб, які не пройшли спеціального навчання, інструктажу і перевірки знань, не дозволяється.

До засобів колективного захисту людей від небезпечних і шкідливих факторів пожежі відносять: пожежну сигналізацію, протипожежне водопостачання, блискавковідвід, заземлення.

Слід сказати, так як на підприємстві знаходяться електричні прилади, ми не можемо використовувати систему авто гасіння. Це може пошкодити прилади та визвати більш небезпечну ситуацію.

На підприємстві із засобів колективного захисту людей є: сигналізація трьох різних місцях ся зображено на плані евакуації (Додаток С). , Протипожежне водопостачання відсутнє, так як на підприємстві знаходяться електричні прилади, які можуть пошкодитися із за водопостачання. Це може визвати більш небезпечну ситуацію. Також є заземлення та блискавковідвід.

Якщо виникає пожежа на території лабораторії знаходяться 9 вогнегасників, місця яких показано у плані евакуації. Вогнегасники класифікують за видом вогнегасної речовини на вуглекислотні, галоїдовуглеводневі і порошкові.

Схема евакуації під час пожежі – це документ, у якому вказані евакуаційні шляхи й виходи, показані місця розміщення вогнегасників, пожежних кранів та інших первинних засобів пожежогасіння.

У плані евакуації встановлені правила поведінки людей, а також порядок і послідовність дій персоналу, який обслуговує об'єкт на випадок пожежі.

Порядок дій на випадок пожежі

Кожен працівник установи, який виявив пожежу зобов'язаний:

- негайно повідомити про це службу порятунку (телефон: 101);
- задіяти систему сповіщення людей про пожежу, розпочати самому і залучити інших до проведення евакуації;
- сповістити про пожежу чергового по об'єкту та керівника установи;
- вжити заходів для гасіння пожежі та збереження матеріальних цінностей наявними засобами пожежогасіння;
- організувати зустріч пожежних підрозділів;
- у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газову);

- якщо неможливо загасити пожежу, потрібно якнайшвидше залишити приміщення (щільно зачинити двері, щоб зменшити надходження кисню до приміщення).

Приміщення перебувати далеко від дерев і інших будівель, також навколо нього немає займистих ділянок, у зв'язку з чим можна зробити висновок, що при початку пожежі і без можливості його гасіння, вогонь не пошириться далі.

РОЗРАХУНОК ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

Мета розрахунку: вибрати систему освітлення, джерело світла і світильник, визначити кількість світильників для забезпечення нормованої освітленості і розташувати їх на плані приміщення.

$$\Phi = \frac{ESkz}{N\eta}, \quad (5.1)$$

де Φ - необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику, лм; E - нормована мінімальна освітленість, лк, обумовлена по табл. 5.1 відповідно до розряду зорової роботи; k - коефіцієнт запасу, вибирається по табл.5.4; S - освітлювана площа, м²; z - коефіцієнт мінімальної освітленості, величина якого знаходиться в межах 1,1 - 1,5; N - число світильників у приміщенні; η - коефіцієнт використання світлового потоку.

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1440 \cdot 1.3 \cdot 1.15}{60 \cdot 0.6} = 17940 \text{ лм};$$

Визначають розрахункову висоту підвісу, м:

$$h = H - h_{\text{св.}} - h_{\text{рп.}}, \quad (5.2)$$

$$h = 5 - 2,5 - 0,8 = 2,7 \text{ м},$$

де H - висота приміщення, м; $h_{\text{св}}$ - висота звису світильника (від перекриття), м;
 $h_{\text{рп}}$ - висота робочої поверхні над підлогою, м (приблизно 0,8 м).

Для світильників з люмінесцентними лампами визначення їхньої кількості виконується в наступній послідовності:

- відстань між рядами світильників світильників, м

$$L_p = \lambda h ; \quad (5.5)$$

$$L_p = 2 * 2,7 = 5,4 \text{ м}$$

- кількість рядів світильників, виходячи з розмірів приміщення приймаємо

$$N_p = \frac{A(B)}{L_p} ; \quad (5.6)$$

$$N_p = \frac{72}{5,4} = 13,3$$

- кількість світильників у ряді

$$N_{cp} = \frac{A(B) - l_c}{l_c} ; \quad (5.7)$$

$$N_{cp} = \frac{72 - 5,4}{5,4} = 12,9$$

- загальна кількість світильників

$$N = N_p N_{cp}$$

$$N = 13 * 13 = 169$$

Для визначення коефіцієнта використання η знаходять індекс приміщення

$$i = \frac{AB}{h(A + B)} \quad (5.8)$$

$$i = \frac{72 * 20}{2,7(72 + 20)} = 5,79$$

де A і B - довжина і ширина приміщення, м; h - розрахункова висота підвісу, м.

Висновок

Враховуючи всі зроблені мною розрахунки я рекомендую люмінесцентні лампи типу ЛДЦЗО-4

Тип лампи	Потужність, $P_{\text{т}}$	Напруга на лампі, U	Світловий потік, лм, потік після 100 ч горіння		
			номінальний	мінімальний	розрахунко- вий
ЛДЦЗО-4	30	104	1450	1305	1375

ВИСНОВКИ

Застосування обладнання розрахованого в цій роботі дозволить більш ефективно використовувати енергоресурси підприємства.

Розроблені заходи з охорони праці дозволять більш ефективно використовувати електроенергію на освітлювання. Також були розглянуті питання пожежної безпеки.

В економічній частині проекту було розглянуто економічні витрати усього підприємства.

Застосування розроблених технічних рішень дозволяє значно скоротити експлуатаційні витрати і збитки, маючи при цьому доцільний розрахунковий термін окупності проекту.

Перелік посилань

- 1) <https://ru.wikipedia.org/wiki/>;
- 2) <https://studbooks.net/>;
- 3) https://www.avtomats.com.ua/1750-va_88.html;
- 4) <http://comega.ru/produkcija/224/catalog1-88f.html>;
- 5) Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. /;
- 6) Федоров А. А., Старкова Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.